

**GENERACIÓN DE BIOGÁS Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA  
GRANJA PORCÍCOLA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DESARROLLO RURAL,  
CORREGIMIENTO EL ESTRECHO –PATÍA**



**LINA MARCELA BURBANO VALENCIA  
JULIETH FERNANDA GÓMEZ MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2023**

**GENERACIÓN DE BIOGÁS Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA GRANJA PORCÍCOLA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DESARROLLO RURAL, CORREGIMIENTO EL ESTRECHO –PATÍA**



**LINA MARCELA BURBANO VALENCIA  
JULIETH FERNANDA GÓMEZ MARTÍNEZ**

**Trabajo de grado en modalidad de Seminario de Profundización para optar el título de Ingeniera Agroindustrial**

**Directora  
M. Sc. MÓNICA RISUEÑO SOLARTE**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2023**

## **Nota de aceptación**

La directora y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

---

**M. Sc. MÓNICA RISUEÑO SOLARTE**  
**Directora**

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

Popayán, 2 de febrero de 2023

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. OBJETIVOS	8
1.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. DIAGNÓSTICO	12
5. SITUACIÓN ACTUAL	14
6. PROMOTORES DEL PROYECTO	15
7. POBLACIÓN OBJETIVO	16
8. ZONA DE INFLUENCIA	17
8.1 MACRO LOCALIZACIÓN	17
8.2 MICRO LOCALIZACIÓN	17
9. CUANTIFICACIÓN DEL MERCADO	19
9.1 DEMANDA DEL PRODUCTO	19
9.2 OFERTA DEL PRODUCTO	20
10. ACTIVIDADES DEL PROYECTO	21

	pág.
11. INSUMOS	23
12. RESULTADOS ESPERADOS	25
13. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO	26
14. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	27
15. PLAN OPERATIVO DE INVERSIÓN	28
16. EVALUACIÓN EX-ANTE	30
17. MARCO LÓGICO	31
BIBLIOGRAFÍA	32

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Ciclo productivo	23
Cuadro 2. Diseño del Biodigestor	23
Cuadro 3. Mano de obra	24
Cuadro 4. Realización de Talleres	24
Cuadro 5. Presupuesto Global	24
Cuadro 6. Resultados esperados del proyecto	25
Cuadro 7. Plan operativo de inversión	28
Cuadro 8. Marco Lógico	31

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Árbol de problemas	10
Figura 2. Ubicación del Departamento del Cauca y Municipio de Patía	17
Figura 3. Ubicación del Municipio Patía, Corregimiento El Estrecho e IE Desarrollo Rural	18
Figura 4. Proyección de oferta de gas natural	20

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar biodigestor para la generación de biogás y aprovechamiento de los residuos de la granja porcícola en la Institución Educativa Desarrollo Rural del Corregimiento El Estrecho –Patía.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar las condiciones productivas, operativas, organizativas y financieras necesarias para la implementación y funcionamiento del biodigestor.

Cuantificar las especificaciones técnicas y operativas para el diseño del biodigestor tipo biobolsa alimentado con excretas porcinas para la producción de biogás y biofertilizante.

Capacitar a la comunidad educativa sobre los beneficios en el uso, operación y mantenimiento de los biodigestores.

Evaluar la producción de biogás y biofertilizante generados por el biodigestor.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el mundo enfrenta dos problemáticas relevantes que se relacionan con la producción exponencial de residuos y la dependencia a la energía eléctrica de combustibles fósiles (Velásquez y González, 2021) ya que contribuyen a aumentar o modificar la producción de gases efecto invernadero como el Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el ozono (O<sub>3</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el metano (CH<sub>4</sub>), generando emisiones y provocando alteraciones en el medio ambiente (Sánchez y Amaya, 2021).

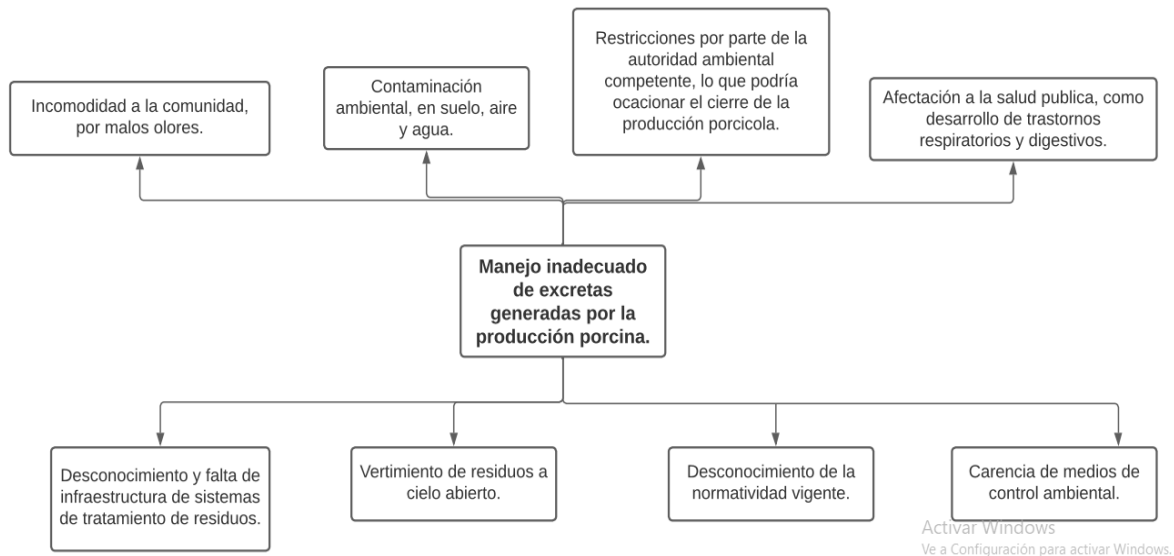
La agricultura es uno de los mayores productores de gases de efecto invernadero, por lo tanto, contribuye al calentamiento global (Sánchez y Amaya, 2021). Específicamente, la porcicultura afecta los recursos suelo, agua y aire por los residuos que genera (heces y orina), siendo uno de los problemas más evidentes por el tratamiento insuficiente de este residuo sin considerar su potencial energético.

Las energías alternativas consolidadas incluyen la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía geotérmica, la biomasa y, entre estas últimas, la producción de biogás a partir de biomasa orgánica, que permite aprovechar los residuos y a su vez reducir los gases de efecto invernadero. En Colombia la oferta energética primaria está compuesta predominantemente por combustibles fósiles (carbón y petróleo), con una participación cercana al 77% del total mientras que la hidroelectricidad, el gas natural y las fuentes no convencionales de energía renovable (bagazo, biocombustibles y leña) suman el restante 23% (Plan energético nacional PEN 2019).

Según PorkColombia (2020), en el departamento del Cauca la producción porcícola cuenta con una cantidad de 119.683 animales en 2.115 predios. Sin embargo, también se presentan pequeñas producciones las cuales se llevan a cabo por ejemplo en fincas, granjas e instituciones educativas. En el corregimiento del Estrecho-Patía se encuentra la Institución Educativa Desarrollo Rural (IE) de modalidad agropecuaria que cuenta con una granja porcícola con capacidad máxima de 40 cerdos, que producen lechones, y posteriormente son cebados hasta llegar a 100 kilogramos. Lo anterior, genera a diario aproximadamente 90 Kg de estiércol y orina (Landín, 2007), lo que presenta problemas diversos debido a que estos son manejados inadecuadamente lo que puede afectar la sostenibilidad de la actividad, conllevando a restricciones para su funcionamiento por parte de la Autoridad Ambiental competente. En cuanto a lo ambiental, genera contaminación del aire, ya que la degradación de los excrementos produce malos olores y gases derivados de la biodigestión, esto además de contribuir negativamente al cambio climático, puede afectar la salud humana y de los animales, al desarrollar trastornos respiratorios y digestivos. También el suelo se ve afectado ya que las excretas son vertidas a cielo abierto cerca de un humedal y a la IE, lo que ocasiona acumulación de nutrientes, produce una alteración en el pH, contaminación microbiológica, entre otros (Novelo *et al.*, 2009). En lo social, el problema se relaciona con la generación de incomodidad por parte de la comunidad debido a los malos olores lo que dificulta desarrollar los espacios pedagógicos, y finalmente en lo económico la IE se enfrenta al riesgo de dejar la actividad pecuaria por el inadecuado manejo y, por lo tanto, pérdida de ingresos económicos para la entidad.

De acuerdo con lo anterior, la biomasa generada (excretas porcinas) se pueden utilizar para producir biocombustible (biogás) mediante la implementación de un biodigestor, en lo que se pueden obtener subproductos para la producción de compostaje y biofertilizantes, los cuales enriquecen la flora del suelo y la ingesta de micronutrientes. De esta manera, es posible obtener actividades agropecuarias en el marco de los parámetros del desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático.

Figura 1. Árbol de problemas



### 3. JUSTIFICACIÓN

Según los inventarios de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a nivel mundial, testifican que el sector residuos o desechos como se los llama comúnmente, es responsable de aproximadamente entre el 3 y 4% de todas las emisiones antropogénicas. Entre las fuentes más representativas de estas emisiones se mencionan a los desechos orgánicos, no solo por sus elevados volúmenes de producción, si no debido a la falta de tecnologías para manejarlos durante su descomposición (Racines, 2018). En Colombia el 55% de los residuos sólidos es de material orgánico (Bolaños y Rodríguez, 2017). Teniendo en cuenta los efectos ambientales, sociales, económicos y políticos que estos causan, se buscan alternativas viables para el aprovechamiento de estos residuos, una de estas es la implementación del biodigestor para la obtención de biogás que brinda energía natural y renovable.

La creación de un sistema de biodigestor en la Institución Educativa Desarrollo Rural – El Estrecho Patía, contribuirá al conocimiento de este tipo de tecnologías ya que, estas herramientas son reactores especializados para aumentar la eficiencia del proceso de descomposición de los residuos orgánicos desde un proceso controlado llamado digestión anaerobia que permite generar fuentes alternativas de energía con un alto grado de aprovechamiento y como subproducto se obtiene un biofertilizante rico en nutrientes (Velásquez y González, 2021). Además, esto aporta en mayor sostenibilidad de la actividad agropecuaria actual en la institución.

Por lo tanto, su implementación ayudará a disminuir la contaminación ambiental, olores desagradables y factores que afecten a los habitantes cercanos al sitio donde son arrojados estos residuos; en la parte social el propósito es mostrar diversidad de tecnologías para que las nuevas generaciones y la comunidad en general se interesen por implementar; en cuanto a lo económico se beneficiará a la (IE) ya que el biogás y biofertilizante serán utilizados en el restaurante y huerta escolar lo que puede ayudar a reducir la dependencia de insumos externos a la (IE), dar el valor que corresponde a sus productos y facilitar la agricultura orgánica.

#### 4. DIAGNÓSTICO

En 1890 se construyó el primer biodigestor a escala real en la India, lo que fomentó la producción de biogás y biofertilizantes impulsados por las necesidades energéticas de los agricultores para ser utilizados para calefacción en invierno, estos eran aptos para los hogares de los pueblos y eran alimentados con estiércol y residuos orgánicos (Velázquez, 2016).

A partir del año 2000 con los objetivos de desarrollo sostenible y la evidencia del cambio climático que empezó a impulsar el uso de energías alternativas lo que produjo un crecimiento exponencial en la tecnología de los biodigestores. En Latinoamérica a pesar de que la tecnología es conocida desde los años 80, es a partir del siglo XXI que ha tenido un mayor impulso, por ejemplo, en Bolivia en el año 2007 se comenzó un proyecto piloto de difusión de biodigestores, el cual cerró en 2012 con 750 biodigestores tubulares plásticos domésticos instalados. En Nicaragua a mediados de 2012 se propusieron instalar 6.000 biodigestores, sin embargo, a finales del 2017 se llegó a instalar 1.200 biodigestores (Herrero, 2019).

Colombia es un país pionero en el desarrollo y difusión de biodigestores entre pequeños y medianos productores agropecuarios. Fue en el país, en 1986 que se publicó el primer manual de instalación de biodigestores plásticos. Por su parte, la Fundación para la producción Agropecuaria Tropical sostenible –(Fundación UTA) convocó en 2012 el encuentro entre actores para la formación de la Red Colombiana de energía de la Biomasa de Colombia (RED BIOCOL), conformada por 55 organizaciones de diferentes tipos entre organizaciones no gubernamentales ONG's, organizaciones de base, universidades, movimientos sociales, asociaciones de campesinos e indígenas y colectivos urbanos. Otro ejemplo es EL COMUN, asociación de organizaciones campesinas y populares de Colombia quienes en los últimos años han formado promotores a través de escuelas campesinas difundiendo la tecnología y logrando apoyo del ministerio de agricultura y organizaciones internacionales para la instalación de más de 100 biodigestores en el departamento de Santander, Colombia (Herrero, 2019).

En el Departamento del Cauca se ha fomentado el uso de tecnologías de biodigestores en diferentes municipios y regiones, por ejemplo, en el Territorio Indígena llamado CHAB WALA KIWE-ACIN (Territorio del gran pueblo- Asociación de Cabildos Indígenas Norte del Cauca ACIN), en donde hacen uso del biodigestor semi-industrial que atiende el estiércol de 1200 cerdos en una granja del Cabildo. Además, a escala doméstica este territorio cuenta con 20 biodigestores plásticos tubulares de flujo continuo (en promedio seis metros de longitud) de los cuales 11 fueron implementados en Instituciones educativas con el fin de hacer uso práctico y pedagógico del biogás en la cocción de alimentos para sus niños y uso del biofertilizante en las huertas *NASA TUL* (Zandoval, 2019).

En la Institución Educativa las Aves, ubicada en el Resguardo Indígena de Canoas – Santander de Quilichao, cuenta con un biodigestor el cual realiza el tratamiento de las aguas

residuales (estiércol humano) de 350 estudiantes en zona rural. En este sitio no se contaba con alcantarillado y se identificó un problema fitosanitario producido por el colapso de dos pozos sépticos, uno que recibía las aguas residuales de niños y el otro las aguas residuales de las niñas de la institución, “este problema se convirtió en fortaleza” para la institución educativa. Actualmente se produce biogás y biofertilizante proveniente del tratamiento de aguas residuales con esta maravillosa tecnología (Zandoval, 2019).

Desde 2019 los biodigestores son una tecnología de conocimiento, aceptación, réplica y crecimiento en los territorios Indígenas y rurales de la zona norte del departamento del Cauca (municipios Toribio, Corinto, Miranda, Caloto, Santander de Quilichao, Buenos Aires, Suarez, Jambaló) (Zandoval, 2019).

## 5. SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal del Patía 2020-2023 se reconoce la necesidad de implementar tecnologías como son los biodigestores. Sin embargo, en el Municipio no se ha llevado a cabo su implementación, aunque en la región no existen granjas porcícolas certificadas; lo que existen son pequeñas instalaciones con poca tecnología, cuya alimentación de estos animales se basa en concentrados y sobrantes de restaurantes suministrados con frecuencia hasta lograr el peso final del animal el cual está alrededor de 100 kilos aproximadamente. Las razas predominantes son cruces de landrace y pietrain porque son animales de carne magra y doble jamón, algunas explotaciones producen cerdos cebados para el sacrificio y otros producen lechones los cuales son vendidos a los 40 o 45 días de nacidos. De acuerdo a lo anterior, se evidencia la importancia de dar a conocer este tipo de tecnologías, las cuales ayudarán a un mejor desarrollo de los procesos productivos en las granjas porcícola.

En la Institución Educativa Desarrollo Rural, ubicada en el corregimiento del Estrecho Patía, cuenta con 524 estudiantes, 20 docentes, 7 administrativos y 5 auxiliares. La IE con modalidad agropecuaria en su programa educativo ha implementado diferentes asignaturas en la básica primaria como emprendimiento agropecuario y en la básica secundaria, sistemas de producción, producción agrícola, producción pecuaria y desarrollo empresarial. Cuenta con una granja porcícola en donde actualmente se manejan 28 cerdos, siendo 9 lechones, 15 cerdos de ceba y 4 cerdos de cría, las cuales pueden parir dos veces al año, produciendo aproximadamente entre 12 y 16 cerdos cada uno. Luego son cebados hasta llegar a 100 kilogramos, es decir que anualmente se pueden producir entre 50 y 60 cerdos. Por otro lado, la IE se dedica a la producción de cultivos de maíz, papaya, zapallo, sandía, maracuyá, y melón. Finalmente, se cuenta con un espacio adecuado para la implementación del biodigestor, ya que este es un lugar plano y se encuentra situado a 70 metros aproximadamente de la infraestructura principal de la institución.

## **6. PROMOTORES DEL PROYECTO**

Este trabajo se realizó como iniciativa planteada en el marco del desarrollo del Seminario de profundización Retos y Desafíos para el Desarrollo Rural con enfoque territorial y para la gestión comunitaria Intercultural en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

La formulación del perfil de proyecto estuvo a cargo de los estudiantes de pregrado del programa de Ingeniería Agroindustrial, Julieth Fernanda Gómez Martínez, Lina Marcela Burbano Valencia, como los principales promotores del proyecto, en alianza con la Institución Educativa Desarrollo Rural El Estrecho Patía, en cabeza de la Rectora Rosa Cilena Díaz Erazo y el docente Víctor Vergara.

## **7. POBLACIÓN OBJETIVO**

Con la implementación de este proyecto se pretende beneficiar directamente a 524 estudiantes, 20 docentes, 7 administrativos y 5 auxiliares de la Institución Educativa Desarrollo Rural Estrecho- Patía, ya que se realizará la producción de gas para ser utilizado en el restaurante escolar y el biofertilizante en los diferentes cultivos de la Institución. Así mismo, de manera indirecta se pretende beneficiar a la comunidad en general del municipio de El Estrecho-Patía, dando a conocer una nueva tecnología que beneficiará el sistema productivo de las diferentes fincas porcícolas.



## 8. ZONA DE INFLUENCIA

### 8.1 MACRO LOCALIZACIÓN

El proyecto está enmarcado en el departamento del Cauca ubicado al Suroccidente Colombiano, región que tiene un gran potencial para la producción agropecuaria; gracias a la gran biodiversidad con la que cuenta a lo largo y ancho de su extensión territorial. Limita por el Norte con el departamento del Valle del Cauca, por el Sur con Nariño y Putumayo, por el Oriente con los departamentos de Tolima, Huila y Caquetá, por el Occidente con el Océano Pacífico. Se encuentra distribuido en 41 municipios. El presente proyecto se localiza en Patía, donde la mayoría de extensión de suelo corresponde a los pisos térmicos cálidos, medios y fríos (Perfil Departamento del Cauca, 2015).

Figura 2. Ubicación del Departamento del Cauca y Municipio de Patía

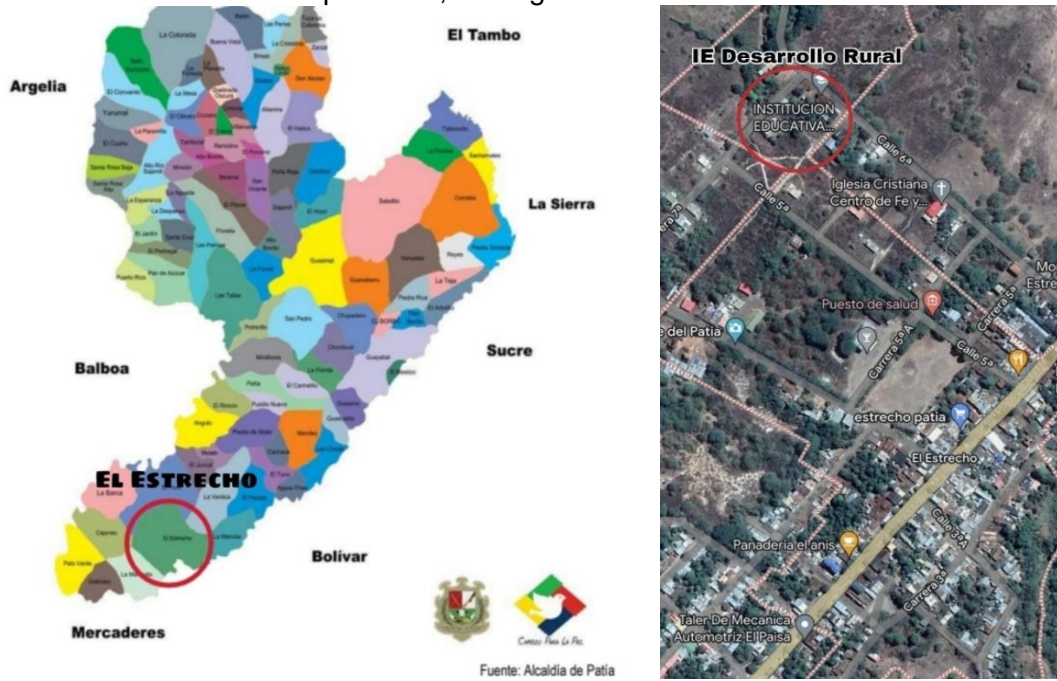


Fuente. PGAT Patía general, 2017

### 8.2 MICRO LOCALIZACIÓN

La Institución Educativa Desarrollo Rural se encuentra ubicada en el Departamento del Cauca Municipio de Patía, corregimiento de El estrecho. Patía está localizado a los 02° 06' 56" de latitud norte y 76° 59' 21" de longitud oeste. Limita al norte con los municipios del Tambo y La Sierra, al oriente con los municipios de La Sierra y Bolívar, al sur con los municipios de Sucre y Mercaderes y al occidente con los municipios de Balboa y Argelia. La extensión total del municipio es de 755.000 km<sup>2</sup>, de la cual la extensión del área urbana representa 22.240 km<sup>2</sup> y la extensión del área rural representa 732.760 km<sup>2</sup>. Presenta una temperatura media de 23° C. La población total del municipio es de 30.500 habitantes, 3.086 personas habitan el corregimiento del Estrecho (Gobernación del Cauca, 2012).

Figura 3. Ubicación del Municipio Patía, Corregimiento El Estrecho e IE Desarrollo Rural



Fuente. Alcaldía de Patía

## 9. CUANTIFICACIÓN DEL MERCADO

### 9.1 DEMANDA DEL PRODUCTO

La matriz eléctrica en Colombia ha presentado en promedio para los últimos cinco años un 75% de hidroelectricidad, 24% de generación térmica (gas natural y carbón, principalmente, aunque en épocas de sequía el gas resulta insuficiente para todo el sector térmico y se genera con diésel y Jet Fuel), y 1% de cogeneración con biomasa y otras renovables (Rincón y Castiblanco, 2021).

En cuanto al gas natural, la Agencia Nacional de Hidrocarburos reportó que la producción y comercialización fue de 1.120,61 millones de pies cúbicos por día (mpcd) durante julio de 2022, lo que beneficia a los 10,2 millones de usuarios. Sin embargo, la producción de gas presentó una disminución del 0,17% en comparación con el mismo mes del 2021 (Ministerio de minas y energía, 2022). La proyección de demanda de gas natural residencial registra un crecimiento promedio anual de 2.63% en el horizonte de estimación. El interior del país presenta la mayor tasa de crecimiento promedio anual, 2.71%, pasando de un consumo de 112.68 GBTUD a un consumo de 143.32 GBTUD en 2023 (Balance Gas natural Final, 2015).

En Popayán la capital del departamento del Cauca se registran 133,442 suscriptores, teniendo un consumo de gas natural de 6.49 GBTUD. No obstante, para 2009 la empresa de Gases de Occidente inició su plan de gasoductos virtuales, atendiendo los municipios de Villa Rica, Puerto Tejada y Santander de Quilichao, iniciando con una demanda de 593.662 m<sup>3</sup> de gas natural y en el año 2011 se reporta una demanda de 1'806.246 m<sup>3</sup> (Promigas, 2011). Por otra parte, en 2017 y en conjunto con la empresa de Alcanos de Colombia S.A E.S.P el Municipio de Patía cuenta con 4.887 residencias que tienen el servicio de gas natural en la cabecera municipal (Reporte coberturas gas natural red, 2017), y en los corregimientos y veredas es más común la venta de cilindros; este es el caso del corregimiento El Estrecho Patía en la Institución Educativa, que tiene una demanda mensual de 95 m<sup>3</sup> de gas natural.

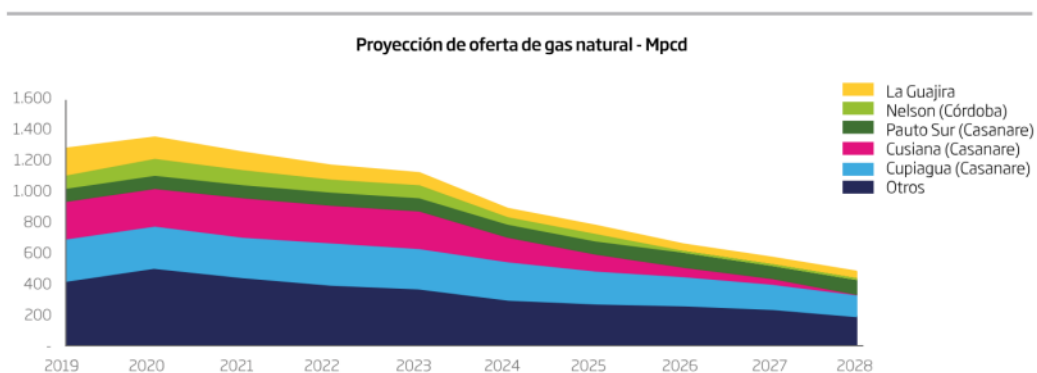
En usos y composición, el biogás es comparable al gas natural, sin embargo, su poder calorífico es menor, pero este también puede ser empleado a nivel doméstico, comunitario e industrial. A escala doméstica, se pueden emplear generalmente para aplicaciones de cocción, calefacción e iluminación. Es importante mencionar que aun sin una política concreta para el desarrollo de biogás en Colombia, los biodigestores son una alternativa para su producción, pero no hay un dato exacto a la fecha de la producción de biogás en el país (Rincón y Castiblanco, 2021).

Frente al manejo de biofertilizantes al año, el país importa alrededor de 1,5 millones de toneladas de fertilizantes en diferentes clases, lo que representa 2,37 billones, demostrando que el sistema se puede utilizar con eficacia (S.A.S, 2022).

## 9.2 OFERTA DEL PRODUCTO

De acuerdo a las proyecciones de oferta (Figura 4) realizados por la Unidad de planeación minero energético UPME “Proyección de gas natural en Colombia 2019-2033”, para el año 2019 las reservas de gas natural alcanzan para 9,8 años, es decir que estas reservas cayeron en 2,9% en 2018-2019 al pasar de 3.896 giga pies cúbicos a 3.782. Desde este punto de vista, la vida útil de las reservas se acortó en 1,9 años, lo que señala la necesidad de hacer un uso más racional de este recurso y se abre la puerta para que a partir del año 2021 inicie importación de este combustible o en efecto, se decida invertir en nuevos proyectos de investigación, pues el abastecimiento total está limitado al 2023 (Uricoechea, 2019).

Figura 4. Proyección de oferta de gas natural



Fuente. Uricoechea, 2019.

Entre las principales cuencas de producción de gas natural se encuentran Valle Superior, Medio e Inferior del Magdalena, Llanos Orientales, Putumayo, Catatumbo y La Guajira, con un muy buen conocimiento geológico, geofísico y técnico, por otra parte se encuentran las cuencas sin producción como Caguán – Vaupés, Amazonas, Cesar – Ranchería, Cordillera Oriental, Cauca-Patía, Urabá, Chocó, Pacífico, Tumaco, Sinú–San Jacinto y Cayos y que corresponden a áreas con un menor grado de información geológica y geofísica disponible, en las cuales no se han descubierto hidrocarburos a nivel comercial y depende de los principales campos de explotación que se encuentran en la región de los Llanos Orientales y La Guajira (Flórez, 2005).

En el corregimiento de El Estrecho Patía presenta un déficit existente de gas natural ya que la oferta es baja, debido a que en muchas ocasiones la comunidad debe esperar el suministro de la cabecera municipal. La Institución Educativa Desarrollo Rural tiene una granja con una capacidad máxima de 40 cerdos, los cuales generan una cantidad de orina y estiércol aproximada en 2.700 Kg, por tanto, según María Teresa Varnero (2011), se estima que la producción de biogás es de 144 m<sup>3</sup> al mes, del cual el 55% es gas metano, es decir 79,2 m<sup>3</sup>, el cual será utilizado para la preparación de alimentos en dicha Institución.

## 10. ACTIVIDADES DEL PROYECTO

**Objetivo específico 1:** Determinar las condiciones productivas, operativas, organizativas y financieras para el funcionamiento del biodigestor.

*Actividad 1.* Análisis y diagnóstico del estado de la producción porcina en la Institución.

*Actividad 2.* Caracterización de las partes que componen un biodigestor, con el objetivo de identificar aspectos relacionados con su funcionamiento y manejo.

*Actividad 3.* Definición de los factores más importantes para tener una buena eficiencia de la fermentación en el biodigestor: temperatura, tiempo de retención, pH, contenido de Humedad, microorganismos implicados en el proceso

*Indicador.* Manual de uso y funcionamiento de un biodigestor.

**Objetivo Específico 2.** Cuantificar las especificaciones técnicas y operativas para el diseño del biodigestor tipo biobolsa alimentado con excretas porcinas para la producción de biogás y biofertilizante.

*Actividad 1.* Determinación de los cálculos de los componentes de un biodigestor como el diámetro, longitud del reactor y la carga diaria teniendo en cuenta el número de animales que maneja la Institución y su producción de excretas.

*Actividad 2.* Elaboración del diseño de un biodigestor teniendo en cuenta los parámetros necesarios para que se lleve a cabo la producción de biogás y biofertilizantes.

*Actividad 3.* Construcción y puesta en marcha del biodigestor alimentado con excretas porcinas.

*Indicador.* Porcentaje de parámetros utilizados para el diseño del biodigestor

$$\frac{\text{Número de parámetros identificados}}{\text{Número de parámetros utilizados en el diseño}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

**Objetivo Específico 3.** Capacitar a la comunidad educativa sobre los beneficios en el uso, operación y mantenimiento de los biodigestores.

*Actividad 1.* Realización de ciclo de talleres sobre fundamentación teórica de biodigestores tipos y partes que lo componen; funcionamiento y esquema operativo de un biodigestor.

*Indicador.* Porcentaje de talleres realizados

$$\frac{\text{Número de talleres realizados}}{\text{Número de talleres programados}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Porcentaje de estudiantes capacitados.

$$\frac{\text{Número total de estudiantes}}{\text{Número de estudiantes capacitados}} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

**Objetivo específico 4.** Evaluar la producción de biogás y biofertilizante generados por el biodigestor.

*Actividad 1.* Procesamiento de producción real del biogás a partir de las excretas y orina generada por cada uno de los cerdos (hembras lactantes, lechones de ceba, hembras gestantes y reproductores).

*Indicador.* Porcentaje de biogás real obtenido.

$$\frac{\text{Producción de biogás real}}{\text{Producción de biogás calculado}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

**Actividad 2.** Determinación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biofertilizante obtenido a partir de estiércol de cerdos en un biodigestor.

*Indicador.* Porcentaje de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

## 11. INSUMOS

Es importante considerar que para el desarrollo e implementación del proyecto se debe tener en cuenta la cuantificación y evaluación de varios recursos los cuales se indican a continuación:

Cuadro 1. Ciclo productivo

<b>CICLO PRODUCTIVO DE LOS CERDOS</b>			
<b>Clase de cerdo</b>	<b>Consumo promedio por mes (Kg)</b>	<b>Precio/unid</b>	<b>Precio Total</b>
Cerdas en gestación	60	\$3.036	\$182.160
Cerdas en lactancia	180	\$3.510	\$631.800
Lechones de precebo	16,2	\$2.637	\$42.719
Cerdos de levante y engorde	63,9	\$2.587,5	\$165.341,3
		<b>Total</b>	<b>\$1.022.021</b>

Cuadro 2. Diseño del Biodigestor

<b>PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DEL BIODIGESTOR</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio/unid</b>	<b>Precio Total</b>
Membrana tubular, tipo chorizo, diámetro 1,5 m	12 metros	\$185.000	\$2.220.000
Tubos de PVC de 6 pulg./1m	2 unidades	\$20.000	\$40.000
Neumáticos grande	2 unidades	\$15.000	\$30.000
Llave de paso de 3/4 pulg.	1 unidad	\$10.000	\$10.000
Cinta teflón	1 unidad	\$800	\$800
Manguera de 1/2 pulg.	1 rollo	\$42.000	\$42.000
Ladrillo	100 unidades	\$400	\$40.000
Cemento	3 bultos	\$25.000	\$75.000
Arena	0,25 metro <sup>3</sup>	\$100.000	\$25.000
Llave de paso de 1/2 pulg.	1 unidad	\$7.000	\$7.000
Tapón liso PVC de 1 pulg.	1 unidad	\$1.000	\$1.000
Tubo PVC 1 pulg.	1 metro	\$4.300	\$4.300
Unión PVC 1 pulg.	1 unidad	\$1.200	\$1.200
Buje de 1 a 3/4 pulg.	1 unidad	\$1.400	\$1.400
Codo de 3/4 pulg.	1 unidad	\$1.000	\$1.000
Tubo PVC 3/4 pulg.	3 metros	\$2.500	\$7.500
Pegante	1 onza	\$2.000	\$2.000
Manguera 3/8 GLP T2 para gas	80 metros	\$9.400	\$752.000
		<b>Total</b>	<b>\$3.260.200</b>

Cuadro 3. Mano de obra

<b>PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio/unid.</b>	<b>Precio Total.</b>
Trazado	1 Jornal	\$40.000	\$40.000
Excavación	4 Jornales	\$40.000	\$160.000
Construcción de cajas en concreto	5 Jornales	\$50.000	\$250.000
Construcción del Biodigestor	1 Contrato	\$600.000	\$600.000
		<b>Total</b>	<b>\$1.050.000</b>

Cuadro 4. Realización de Talleres

<b>PRESUPUESTO PARA LA REALIZACIÓN DE TALLERES</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio/unid.</b>	<b>Precio Total.</b>
<b>Personal</b>			
Docente profesional	18 horas	\$12.200	\$219.600
<b>Logísticos</b>			
Transporte del docente	6	\$6.000	\$36.000
Almuerzo	3	\$7.000	\$21.000
Refrigerio	3	\$3.000	\$9.000
Total logística			\$66.000
<b>Compras</b>			
Video proyector Epson S39+ 3200 Lumens Hdmi	1	\$1.499.900	\$1.499.900
Computador portátil Asus X505ba - DD 1Tb	1	\$1.252.000	\$1.252.000
Lápiz	7 cajas	\$6.990	\$48.930
Borradores	7 cajas	\$9.900	\$69.300
Guía para talleres	90 Hojas	\$100	\$9.000
Caja de marcadores borrables para tablero por 12	1 caja	\$22.800	\$22.800
Total compras			\$2.901.930
<b>Total talleres</b>			<b>\$3.187.530</b>

Cuadro 5. Presupuesto Global

<b>PRESUPUESTO GLOBAL DEL PROYECTO</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor total.</b>
Diseño del biodigestor	\$3.260.200
Mano de obra	\$1.050.000
Realización de talleres	\$3.187.530
Administración y Evaluación del proyecto	\$9.592.800
<b>Total proyecto</b>	<b>\$17.090.530</b>



## 12. RESULTADOS ESPERADOS

Cuadro 6. Resultados esperados del proyecto

Resultado por objetivo	Resultado esperado
<p>Determinar las condiciones productivas, operativas y organizativas para el funcionamiento del biodigestor.</p>	<p>Caracterizados las partes que componen un biodigestor (cámara de digestión o reactor, tina de alimentación, descarga de fertilizante, mezclador y salida de biogás) y el estado actual de la granja porcina. Se conocen los factores más importantes para el buen funcionamiento del biodigestor.</p> <p>Se cuenta con un proceso de manejo operativo, organizativo y administrativo para el funcionamiento del biodigestor (Manual de uso y funcionamiento del biodigestor)</p>
<p>Cuantificar las especificaciones técnicas y operativas para el diseño del digestor tipo biobolsa alimentado con excretas porcinas para la producción de biogás y biofertilizante.</p>	<p>Se cuenta con el biodigestor implementado, de acuerdo a los cálculos necesarios se obtiene la producción de biogás y biofertilizante.</p>
<p>Capacitar a la comunidad educativa sobre los beneficios en el uso, operación y mantenimiento de los biodigestores.</p>	<p>Ampliados los conocimientos teórico prácticos sobre fundamentación y manejo de tecnologías sostenibles.</p>
<p>Evaluar la producción de biogás y biofertilizante generados por el biodigestor.</p>	<p>Se han realizado pruebas y procesos de evaluación para el biogás y biofertilizante generados por el biodigestor, por lo tanto, se cuenta con un proceso evaluado y mejorado.</p>

### **13. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO**

La sostenibilidad del proyecto está determinada por la alimentación y el buen uso que se le dé al biodigestor. Conforme a la información recolectada, la Institución Educativa lleva realizando la producción porcina hace aproximadamente 10 años donde inicialmente se comenzó a trabajar con 2 y 5 cerdos y actualmente la infraestructura permite trabajar hasta con 40 cerdos, por lo cual la biomasa necesaria para la alimentación del biodigestor es frecuente y el buen manejo del mismo se llevará a cabo por dos auxiliares de la institución que serán debidamente capacitados.

Es importante resaltar que la implementación de esta tecnología es de carácter social y pedagógico, puesto que además de obtener beneficios económicos al disminuir la compra de gas natural y fertilizantes sintéticos, la Institución promueve el biodigestor como una solución sostenible ya que enseña a los jóvenes que se trata de una tecnología muy completa para difundir entre ellos la noción de sostenibilidad, en sus dimensiones ambiental, económica y social como una meta prioritaria y urgente.

La IE tiene una visión integral de la educación y plantea tener la responsabilidad de brindar a los jóvenes y niños las herramientas que se tienen para resolver los problemas ambientales que han puesto en peligro la biodiversidad y el bienestar de las futuras generaciones. Esto incluye darles una base científica para comprender los problemas globales que los afectan.

## 14. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el planteamiento del problema se identificó el manejo inadecuado de excretas porcinas en la Institución Educativa Desarrollo Rural, que afecta a los estudiantes y a la comunidad al generar malos olores y contaminación ambiental, por lo cual se plantean diferentes alternativas de solución:

**Alternativa 1.** Producción de compost: establecer una zona de compost el cual es un medio que se utiliza para descomponer las excretas porcinas y el producto final se utiliza como abono agrícola o alimento para animales.

**Alternativa 2.** Lombricomposta: crear una cama donde se utilice la lombriz roja de california que tiene la capacidad de transformar las excretas porcinas en abonos orgánicos mucho más fértiles, este abono que corresponde a la excreta de la lombriz y donde su composición química depende de lo que el cerdo consume y cómo es alimento para cerdos su cuerpo contiene un equivalente de 60 a 70% de proteína.

**Alternativa 3.** Producción de biogás y biofertilizante: implementar un biodigestor, donde el biogás obtenido es el resultado del proceso que sufren las excretas dentro del mismo, este biogás está compuesto a su vez por varios tipos de gases los cuales son metano, gas carbónico, nitrógeno, oxígeno y ácido sulfhídrico, además como subproducto se obtiene biofertilizante con una buena calidad nutricional para las plantas.

Esta última alternativa es seleccionada como una de las mejores opciones para la solución del problema identificado en la Institución Educativa Desarrollo Rural, la cual permite obtener mejores resultados en el manejo de las excretas, ya que esta alternativa proporciona dos productos que pueden ser utilizados dentro de la misma, logrando así disminuir la contaminación generada y reducir costos.

## 15. PLAN OPERATIVO DE INVERSIÓN

Cuadro 7. Plan operativo de inversión

Resultado por objetivo	Actividades	MESES												Costo Unid	Costo total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Determinar las condiciones productivas, operativas y organizativas para el funcionamiento del biodigestor.	Actividad 1. Análisis y diagnóstico del estado de la producción porcina en la Institución.	X													\$250.000	\$250.000
	Actividad 2. Caracterización de las partes que componen un biodigestor, con el objetivo de identificar aspectos relacionados con su funcionamiento y manejo.	X														
	Actividad 3. Definición de los factores más importantes para tener una buena eficiencia de la fermentación en el biodigestor:	X														
Cuantificar las especificaciones técnicas y operativas para el diseño del biodigestor tipo biobolsa alimentado con excretas porcinas para la producción de biogás y biofertilizante.	Actividad 1. Determinación de los cálculos de los componentes de un biodigestor.		X												\$1.050.000	\$4.310.200
	Actividad 2. Elaboración del diseño de un biodigestor			X												
	Actividad 3. Construcción y puesta en marcha del biodigestor alimentado con excretas porcinas.				X	X	X									
Capacitar a la comunidad educativa sobre los beneficios en el uso, operación y mantenimiento de los biodigestores.	Actividad 1. Realización de ciclo de talleres.							X	X	X					\$3.187.530	\$3.187.530

Cuadro 7. (Continuación)

Resultado por objetivo	Actividades	MESES												Costo Unid	Costo total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Evaluar la producción de biogás y biofertilizante generados por el biodigestor.	Actividad 1. Procesamiento de producción real del biogás a partir de las excretas y orina generada por cada uno de los cerdos.										X			\$1.160.000	\$1.222.800
	Actividad 2. Determinación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biofertilizante obtenido a partir de estiércol de cerdos en un biodigestor.										X			\$62.800	
Administración del proyecto								X	X	X	X	X	X	\$1.160.000	\$8.120.000
<b>COSTO TOTAL PROYECTO</b>															<b>\$17.090.530</b>

## 16. EVALUACIÓN EX-ANTE

**Impacto económico:** los residuos orgánicos no se deben ver como un residuo sin valor, si no que por medio de estos se obtienen productos que pueden generar un beneficio económico. La producción de biogás en la Institución genera un ahorro en el uso de energía convencional ya que, la implementación de un biodigestor puede tener una vida útil de aproximadamente 30 años y además la obtención de un biofertilizante, rico en nutrientes y de gran eficiencia para las plantas disminuye el uso de fertilizantes sintéticos que generalmente tienen un alto costo.

**Impacto social:** se presenta un impacto de forma positiva debido a la producción de biogás, que es un combustible limpio que se puede usar en las actividades diarias en zonas rurales como el corregimiento de El Estrecho que tiene un acceso difícil a la energía convencional. Adicionalmente el biofertilizante además de enriquecer los nutrientes del suelo, puede ayudar a mejorar los campos dedicados a la producción de maíz, papaya, zapallo, sandía, maracuyá, y melón. Finalmente hay una considerable disminución de olores ofensivos, vectores (plagas) y enfermedades.

**Impacto ambiental:** esta implementación al producir biogás energía renovable y sostenible, pretende tener una reducción en la problemática ambiental al mitigar los gases efecto invernadero, metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y olores desagradables, así mismo, mitigar la proliferación de insectos que se presenta por la disposición de excretas a cielo abierto ayudando a conservar y preservar el paisaje.

## 17. MARCO LÓGICO

Cuadro 8. Marco Lógico

Titulo	Objetivo general	Objetivo específico	Producto	Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Supuestos	Presupuesto global	
Generación de biogás y aprovechamiento de los residuos de la granja porcícola en la Institución Educativa Desarrollo Rural, corregimiento El Estrecho- Patía.	Implementar biodigestor para la generación de biogás y aprovechamiento de los residuos de la granja porcícola en la Institución Educativa Desarrollo Rural del Corregimiento El Estrecho -Patía.	Determinar las condiciones productivas, operativas, organizativas y financieras necesarias para la implementación y funcionamiento del biodigestor.	Manual de uso y funcionamiento de un biodigestor.	Actividad 1. Análisis y diagnóstico del estado de la producción porcina en la Institución.	Manual de uso y funcionamiento del biodigestor.	Manual de uso y funcionamiento del biodigestor.	Profesional a cargo de la realización del manual tenga la suficiente capacitación y experiencia en el uso y funcionamiento de un biodigestor.	\$250.000	
				Actividad 2. Caracterización de las partes que componen un biodigestor.					
				Actividad 3. Definición de los factores más importantes en el biodigestor.					
		Cuantificar las especificaciones técnicas y operativas para el diseño del biodigestor tipo biobolsa alimentado con excretas porcinas para la producción de biogás y biofertilizante.	Diseño del biodigestor tipo biobolsa teniendo en cuenta los requerimientos mínimos.	Actividad 1. Determinación de los cálculos de los componentes de un biodigestor.	Planos del biodigestor tipo biobolsa	Registros de producción de biogás y biofertilizante.	$\% \text{ parámetros utilizados para el diseño} = \frac{\text{Número de parámetros identificados}}{\text{Número de parámetros utilizados}} \times 100$	El lugar para la ubicación del biodigestor este debidamente alejado de la infraestructura principal.	\$4.310.200
				Actividad 2. Elaboración del diseño, teniendo en cuenta los parámetros necesarios.					
				Actividad 3. Construcción y puesta en marcha.					
		Capacitar a la comunidad educativa sobre los beneficios en el uso, operación y mantenimiento de los biodigestores.	Dos talleres - grados 9°, 10°, 11° capacitados.	Actividad 1. Realización de ciclo de talleres sobre fundamentación teórica de biodigestores tipos y partes que lo componen; funcionamiento y esquema operativo de un biodigestor.	Listado de asistencia de los participantes	$\% \text{ Talleres realizados} = \frac{\text{Número de talleres realizados}}{\text{Número de talleres programados}} \times 100$ $\% \text{ Estudiantes capacitados} = \frac{\text{Número total de estudiantes}}{\text{Número de estudiantes capacitados}} \times 100$	Asistencia por parte de todos lo estudiantes.	\$3.187.530	
				Actividad 2. Determinación de las concentraciones de N, P, y K del biofertilizante.					
Evaluar la producción de biogás y biofertilizante generados por el biodigestor.	Producción real de biogás y concentraciones de N, P, K del biofertilizante.	Actividad 1. Procesamiento de producción real de biogás a partir de las excretas y orina generadas por cada uno de los cerdos.	Registros de la producción de biogás.	Resultados obtenidos por parte del laboratorio.	$\% \text{ Biogás real obtenido} = \frac{\text{Producción de biogás real}}{\text{Producción de biogás calculado}} \times 100$	El biogás y biofertilizante obtenidos sean óptimos para su utilización.	\$1.222.800		
		Actividad 2. Determinación de las concentraciones de N, P, y K del biofertilizante.							
Administración del biodigestor								\$8.120.000	
<b>TOTAL</b>								<b>\$17.090.530</b>	

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA PABUENA, M. y PASQUALINO, J. Potencial de uso de biogás en Colombia. En: Teknos revista científica, 2014, vol. 14, no. 2, pág 27. Doi: <https://doi.org/10.25044/25392190.468>

ALCALDÍA MUNICIPAL DE PATÍA. Plan General De Asistencia Técnica PGAT [en línea]. Departamento del Cauca, Municipio de Patía: 2017 [citado 11, enero, 2023]. Disponible en internet en: <https://www.patia-cauca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PGAT%20Pat%C3%ADa%20general.pdf>

ÁVILA VELÁZQUEZ, Celia. Uso de biodigestores en la industria pecuaria. Tesis Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca: 2016.

BOLAÑOS ORTIZ, Ricardo Ernesto y RODRÍGUEZ SILVA, Luis Alejandro. Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca El Mirador Vereda San Isidro, municipio de Belén de los Andaquíes departamento de Caquetá. Tesis Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Caquetá: 2017.

COLOMBIA. MINISTERIO DE ENERGÍA. Manual de biogás [en línea]. FAO: 2011 [citado 17, enero, 2023]. Disponible en internet en: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>.

\_\_\_\_\_. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Cobertura del servicio de gas natural [en línea]. Bogotá: 2017 [citado 19, enero, 2023]. Disponible en internet en: [https://www.minenergia.gov.co/documents/2796/300517\\_reporte\\_coberturas\\_2017-I\\_GAS\\_NATURAL\\_x\\_red.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/2796/300517_reporte_coberturas_2017-I_GAS_NATURAL_x_red.pdf).

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. La cadena de gas natural en Colombia [en línea]. Bogotá D.C. : s.f. [citado 19, enero, 2023]. Disponible en internet en: [http://www.upme.gov.co/docs/chain\\_gas\\_natural.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/chain_gas_natural.pdf).

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Producción de gas de Colombia en julio de 2022 fue la más alta desde enero del mismo año [en línea]. Bogotá: 2022 [citado 13, enero, 2023]. Disponible en internet en: <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticiasindex/producci%C3%B3n-de-gas-de-colombia-en-julio-de-2022-fue-la-m%C3%A1s-alta-desde-enero-del-mismo-a%C3%B1o/>

ESTRADA RUDAS, Cristina. El país importa 42% de fertilizantes para el agro de Rusia y Ucrania [en línea]. Diario La República ©: 25, febrero, 2022 [citado 17, enero, 2023]



Disponible en internet en: <https://www.larepublica.co/especiales/crisis-en-ucrania/el-pais-importa-42-de-fertilizantes-de-rusia-y-ucrania-precios-podrian-incrementarse-3310815>

GOBERNACIÓN DEL CAUCA. Diagnóstico de condiciones sociales y económicas. Línea base de indicadores socio económicos, Patía [en línea]. Gobierno en línea. Popayán: 2012 [citado 11, enero, 2023]. Disponible en internet en: <http://anterior.cauca.gov.co/sites/default/files/informes/patia.pdf>

\_\_\_\_\_. Perfil Departamento del Cauca [en línea]. Gobierno en línea: s.f. [citado enero, 2023]. Disponible en internet en: <https://www.cauca.gov.co/Dependencias/OficinaAsesoradePlaneacion/InformacioneIndicadores/Perfil%20Departamento%20del%20Cauca.pdf>

HERNÁNDEZ P. Diana C. Evaluación de la sensibilidad de la vigilancia epidemiológica en zonas de vigilancia y en proceso de erradicación de Peste porcina clásica en Colombia. En: Revista Economía porcícola. Panamericana formas e impresos S.A. Bogotá: 2020.

MARTÍ HERRERO J. Experiencias Latino Americanas en la implementación de estrategias para democratizar los biodigestores entre pequeños y medianos productores agropecuarios: Aportes a Ecuador. Climate Technology Centre and Network (CTCN)-UNFCCC [en línea]. Ecuador: 2019 [citado 5, enero, 2023]. Disponible en internet en: [https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/del\\_1.2\\_biodigestores\\_latinoamerica.pdf](https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/del_1.2_biodigestores_latinoamerica.pdf)

PROMIGAS. Informe del sector gas natural [en línea]. Promigas ®: 2011 [citado enero, 2023] Disponible en internet en: [https://cnogas.org.co/documentos/Informe\\_del\\_Sector\\_Gas\\_Natural\\_2011-1.pdf](https://cnogas.org.co/documentos/Informe_del_Sector_Gas_Natural_2011-1.pdf)

RACINES CUESTA, Adriana. Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios. Tesis Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental. Universidad Andina Simón Bolívar. Quito: 2018.

RINCÓN VELÁSQUEZ, N. y CASTIBLANCOROZO, C. Políticas y normas sobre energías renovables para el desarrollo de biogás en Colombia. Una revisión. En: Gestión y Ambiente, 2021, vol. 24, no. 1. Doi: <https://doi.org/10.15446/ga.v24n1.98868>

SÁNCHEZ NAVAS, Diego y AMAYA ÁLVAREZ, Santiago. Implementación de un biodigestor alimentado por excretas porcinas con co-sustrato de caña de azúcar en la finca agropecuaria fundo bonito en Puerto Gaitán – Meta. Tesis Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. Villavicencio: 2021.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICO- UPME. Balance Gas natural [en línea]. UPME: 2015 [citado 19, enero, 2023]. Disponible en internet en: [https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE\\_GAS\\_NATURAL\\_FINAL.pdf](https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/BALANCE_GAS_NATURAL_FINAL.pdf).

\_\_\_\_\_. Plan energético nacional [en línea]. UPME: 2019 [citado 8, diciembre, 2022]. Disponible en internet en: [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)

URICOECHEA BEDOYA, Ana María. Mercado de gas natural en Colombia: aproximaciones generales a su concepción y regulación sostenible. Tesis Facultad de Derecho. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá: 2019.

VELASQUEZ CUADRA, Vivian Yizeth y GONZALEZ PÁEZ, Liana Katherine. Diseño y construcción de un sistema de biodigestores tipo Batch a escala laboratorio, para el trabajo experimental del proyecto “Aditivo nano estructurado para reducir el contenido de H<sub>2</sub>S en biogás producido por digestión anaerobia” y la Línea de profundización en energías limpias del programa de Ingeniería Ambiental. Tesis Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. Villavicencio: 2022.

ZANDOVAL, Libia. Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca – ACIN [en línea]. Biocol Prensa: 6, julio, 2019 [citado noviembre, 2022]. Disponible en internet en: <https://redbiocol.org/asociacion-de-cabildos-indigenas-del-norte-del-cauca-acin/>