

# **Manejo de biol Porcino obtenido por medio de Biodigestor en Rionegro – Antioquia**

Jorge Iván Gallo Guarín

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícola, Pecuarias y del Medio Ambiente

Zootecnia

2021

## **Agradecimientos**

Agradezco primeramente a Dios y la Virgen por ser la luz que ilumina mi camino en todo momento y guían mis pasos por todos los senderos, ayudándome siempre a seguir adelante buscando cumplir mis metas.

Gracias a mi esposa e hijos por apoyarme y comprenderme en todo momento permitiendo que invierta en mi formación tiempo valioso que podría haber estado con ellos, gracias por estar a mi lado y ser base fundamental para terminar este proceso de formarse como profesional.

Agradezco a los docentes de la UNAD, especialmente de la ECAPMA por los conocimientos y experiencias vividas a lo largo de esta carrera. Un agradecimiento muy significativo a la tutora Laura Posada Barrera quien ha hecho parte de mi formación desde el inicio de la carrera y con quien se han compartido gratas experiencias de gran importancia dentro de mi formación y a la tutora Carolina Salgado que desde que inició su proceso como docente de la UNAD ha contribuido en gran medida en mi formación y como asesora del trabajo de grado me ha dado bases muy importantes para llevar a feliz término este último paso de mi carrera.

Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia, especialmente a la Estación Agraria San Pablo pues con las vivencias y conocimientos adquiridos como operario del Sistema de producción Porcicola se logró ver la necesidad de desarrollar este trabajo de grado. Gracias al Coordinador de la Estación Otoniel Ciro Cano y la profesora líder de la porcícola Verónica Gonzales por los conocimientos que me han compartido y el apoyo que me han brindado para el desarrollo de este proyecto.

## Tabla de Contenido

	<b>pág.</b>
Resumen	8
Introducción	9
Justificación	11
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco Teórico (marco conceptual, antecedentes)	15
Descripción del Problema	22
Descripción de la Propuesta (localización geográfica, análisis técnico, análisis económico, análisis financiero, análisis social, análisis ambiental)	26
Análisis Técnico	27
Materias primas para el procesamiento del biol porcino	27
Equipos, materiales e insumos para el desarrollo del proyecto	28
Biodigestor de flujo continuo o tipo taiwanes	29
Dimensiones del Biodigestor	30
Tanques para almacenamiento del biol	33
Formas de almacenamiento y transporte del biol	34
Canecas para comercializar el biol	35
Infraestructuras necesarias para el manejo del biol porcino	36

Producción de excretas porcinas	36
Análisis de capacidad de producir de biol porcino	38
Análisis de calidad del biol porcino	39
Análisis Económico	43
Análisis Financiero	48
Análisis Social	51
Análisis Ambiental	53
Conclusiones	58
Recomendaciones	60
Referencias	62

## Contenido de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Regulación para la producción de abonos orgánicos en Colombia	18
Tabla 2. Tipo de producto a registrar	18
Tabla 3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos	19
Tabla 4. Resultados de los análisis realizados al producto por parte del ICA	20
Tabla 5. Relación entre temperatura y tiempo de retención	31
Tabla 6. Referencia para mezcla de estiercol y agua para cargar el biodigestor	31
Tabla 7. Especificaciones técnicas del tanque	34
Tabla 8. Especificaciones técnicas del empaque	35
Tabla 9. Valoración de producción de porcinaza para los diferentes grupos etarios (kg)	36
Tabla 10. Calculo de producción diaria de porcinaza en Estacion Agraria san Pablo que llega al biodigestor	37
Tabla 11. Contenido de solidos totales (ST) promedio de diversos animales	38
Tabla 12. Proceso ocurrió dentro del biodigestor	39
Tabla 13. Aspectos que garantizan un proceso de calidad	39
Tabla 14. Aspectos para proceso de certificación ante al ICA productor y comercializador	41
Tabla 15. Cálculos adicionales de costos de producción e ingresos – Inversion	43
Tabla 16. Depreciacion maquinaria y equipos	44
Tabla 17. Construcciones y adecuaciones	45
Tabla 18. Depreciación construcciones y edificaciones	45
Tabla 19. Analisis de calidad del biol	46

Tabla 20. Costos variables	46
Tabla 21. Gastos variables de Administracion	46
Tabla 22. Costos fijos	47
Tabla 23. Servicios Publicos	47
Tabla 24. Ingresos	47
Tabla 25. Balance de producción de Biol porcino en un año	49
Tabla 26. Balance económico	50

## Contenido de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Biodigestor	16
Figura 2. Localización geográfica	26
Figura 3. Esquema del proceso de producción del biol	27
Figura 4. Sistema de Producción porcicola de la Estadcion Agraria San Pablo	29
Figura 5. Biodigestor de flujo continuo	30
Figura 6. Una construcción divida en dos sitios	36
Figura 7. Importancia del proyecto en sus tres ejes de acción mas importantes	59

## Resumen

Este proyecto aplicado fue realizado con el propósito de hacer el análisis del correcto manejo del biodigestor como tecnología para procesar la porcinaza y el buen uso final del biol como fertilizante dentro de los diferentes sistemas productivos agropecuarios que tienen las Estaciones Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en la sede de Medellín.

Se tiene como principal objetivo identificar los aspectos relevantes dentro del manejo adecuado de biol porcino obtenido por medio de biodigestor en el sistema de producción Porcicola de la Estación Agraria San Pablo de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, ubicada en el Oriente del departamento de Antioquia en la vereda tablacito del municipio de Rionegro.

Se analizó la forma correcta de recolección de la porcinaza y su proceso dentro del biodigestor, resaltando la importancia de realizar análisis físico-químicos y microbiológicos para conocer la calidad del biol y definiendo los aspectos más relevantes para su correcto uso.

El manejo del biol porcino obtenido por medio de biodigestor es un proyecto de gran impacto tanto para el sistema de producción porcícola como para manejos de pastos y cultivos, por ello es importante impulsarlo para que sea referente para la comunidad educativa y productores incentivando el correcto manejo de la porcinaza convirtiéndolo en un aliado estratégico en los componentes económicos, social y ambiental de las producciones.

**Palabras claves:** Porcinaza, porcicultura, biodigestor, biol



## Introducción

Los sistemas de producción porcinos ocupan un lugar de gran importancia dentro del sector agropecuario a nivel nacional y mundial, su crecimiento en producción va en aumento por la tecnificación del sector en aspectos de gran importancia como infraestructura, genética, alimentación, sanidad, entre otros, todo eso ha contribuido a mejorar los parámetros productivos y lograr posicionarse en un lugar importante dentro de la producción de proteína animal.

Si bien es cierto la industria porcina tiene como su fin principal ser un laboratorio de producción de carne, en su proceso se tienen otros subproductos de interés ambiental y económico, uno de ellos es la porcinaza. Esta es de producción constante y van aumentando con el crecimiento de este sistema de producción, por lo que deben ser manejadas correctamente buscando que se puedan incluir dentro del proceso de producción como un aliado económico y no se conviertan en una problemática ambiental.

La porcinaza es un subproducto de gran interés económico, sanitario y ambiental. Tienen como fortaleza la contribución económica a él sistemas de producción porcino ya sea por su venta o uso como fertilizante orgánico dentro de la misma finca. Tiene como debilidad la capacidad de contaminar el suelo, plantas, animales, fuentes hídricas y el aire si no es manejado correctamente.

Los biodigestores son una alternativa importante para un eficiente y adecuado manejo de la porcinaza, por el proceso de descomposición anaerobia que ocurre dentro de este se disminuye el potencial contaminante que la porcinaza puede tener y se conservan las propiedades fertilizantes. Dentro del manejo de excretas porcinas con el biodigestor se obtiene el biol porcino

como fertilizante orgánico y el biogás que puede usarse como energía alternativa para procesos industriales como, calefacción y uso doméstico.

Este proyecto aplicado tiene como objetivo analizar el manejo del biol porcino obtenido por medio del biodigestor del sistema de producción porcícola de la Estación Agraria San Pablo ubicada en Oriente del departamento de Antioquia en la vereda tablacito del municipio de Rionegro. El proyecto inicia con la identificación de la forma adecuada para conocer la cantidad de biol generado de acuerdo a la producción de porcinaza, seguido de una revisión de los análisis físico-químico y microbiológicos del biol porcino. Buscando garantizar su inocuidad y revisar la cantidad de nutrientes como fertilizante. Por último, es importante hacer un análisis de los principales usos que se le pueden dar al biol, sabiendo que puede ser integrando tanto al sistema productivo porcino como a otros sistemas agrícolas, donde este puede ser usado como fertilizante, o pensar en su comercialización como producto, cumpliendo todos los estándares de calidad y normatividad vigente.

## Justificación

La porcínaza está formada por excretas (heces y orina producidas por los cerdos en sus diferentes etapas de producción), también contiene agua usada en el lavado de corrales y el sobrante de los bebederos cuando los cerdos la consumen, residuos de alimentos, polvo, entre otras partículas, (Higuera, 2018).

La porcínaza procesada por medio de la tecnología de biodigestores genera dos valores agregados de gran importancia; puede usarse como biomasa para la generación de energía (biogas) y como fertilizante (biol), por sus grandes propiedades como fuente de nutrientes para diversos cultivos, (Higuera, 2018).

Los biodigestores son una importante alternativa para mitigar el daño ambiental que se puede causar en las producciones pecuarias en este caso el sector porcícola, este nos ayuda a disminuir el potencial contaminante de las excretas de los cerdos, principalmente gases como el amoníaco y el metano, además no afecta las propiedades fertilizantes del producto, antes, por el contrario, las potencializa.

Los biodigestores además de mitigar la contaminación que se puede producir contribuyen económicamente a las producciones, ya que el biogas y el biol son de gran utilidad con fines agrícolas y se puede comercializar. El efluente tratado es de gran utilidad como fertilizante orgánico ya que conserva nitrógeno, fósforo, potasio, así como otros elementos menores de gran importancia en la fertilización de plantas y suelo.

La porcínaza con un mal manejo genera gran cantidad de inconvenientes, el olor es fuerte, el cual puede llegar a afectar el confort de las personas y adicional a esto la cantidad de amoníaco puede generar daños respiratorios e incidir en el cambio climático aportando a la

problemática del calentamiento global. Los residuos que llegan a las fuentes de agua pueden generar dificultades y alteración de la calidad de esta, como efectos contaminantes. En cualquier componente del medio ambiente sea suelo, agua o aire la mala disposición de la porcínaza puede ser un vector de enfermedades y generar un deterioro al equilibrio de los ecosistemas.

Con el uso del biodigestor se puede lograr contrarrestar el efecto contaminante que puede tener el uso de la porcínaza fresca, logrando mantener sus propiedades fertilizantes contribuyendo a una mejor adaptación al medio ambiente.

El biol es un subproducto porcícola que puede ser usado como fertilizante y/o acondicionador de suelos, luego de su tránsito por el biodigestor y pasar por un proceso de descomposición anaerobio, logra ser estabilizado y se convierte en un fertilizante orgánico-mineral adecuado para la aplicación en suelos. Con este fertilizante se puede reducir el uso de abonos químicos sintéticos y se logra un efecto benéfico en el suelo ya que permite reciclar la materia orgánica y estimula la fertilidad del suelo, (BIOTERRA, 2017)

Este proyecto busca resaltar el análisis del correcto manejo del biodigestor como tecnología para procesar la porcínaza y el buen uso final del biol como fertilizante dentro de los diferentes sistemas productivos agropecuarios que tienen las Estaciones Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en la sede de Medellín. Es importante también dejar planteada la opción de comercialización a otro mercado.

Es necesario analizar el uso correcto en el manejo de todo el proceso de la porcínaza, iniciando por la recolección, luego por el tránsito en el biodigestor y finalmente la disposición del biol.

Se debe conocer la cantidad de porcínaza producida en el sistema de producción por un tiempo determinado, manejo de la dilución, el tiempo de retención hidráulica, y conocer la

capacidad de consumo del biol producido. Con el control integral de todos estos factores se puede tener un adecuado aprovechamiento del biol porcino

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Identificar los aspectos relevantes dentro del manejo adecuado de biol porcino procesando la porcinaza por medio de biodigestor en la Estación Agraria San Pablo en Rionegro – Antioquia

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la forma correcta de evaluar la cantidad de porcinaza generada en el sistema de producción para determinar la capacidad de producción de biol.
- Realizar análisis físico – químicos y microbiológicos al biol para conocer su calidad y así saber que procesos se deben realizar para garantizar su inocuidad.
- Definir el uso adecuado del biol y sus condiciones de transporte, todo bajo la normatividad vigente y con altos estándares de calidad.

### **Marco Teórico (marco conceptual, antecedentes)**

Las excretas de los cerdos están compuesta por heces solidas el 60% y orina el 40%, y estas representan al menos el 5% del peso corporal del cerdo, esto como promedio , y su materia fecal se compone de un 88% agua y un resto de fibra no digerible, además de lo anterior, la porcínaza también se compone de agua producto del lavado, comida no digerida y demás residuos (Camargo, 2017), es por la proporción de residuos que se hace necesario el tratar los efluentes porcinos pues por su alto volumen pueden representar una ganancia extra para la empresa y también de no ser tratados una fuente muy grande de contaminación.

El cerdo presenta ineficiencia para la asimilación de nutrientes por tal motivo sus excretas tienen bastante carga de fertilizantes primarios como nitrógeno, fosforo y potasio, y en secundarios se tiene calcio, cloro, sodio, azufre, la relación que se tiene nitrógeno carbono permite un adecuado desarrollo para la multiplicación de las bacterias y para la producción de biogás. Ramírez et al. (2010)

En gran parte de las producciones porcícolas cuentan con pozos o lagunas donde se disponen las excretas de los cerdos y las aguas residuales del sistema, pero este manejo facilita la proliferación de plagas y enfermedades y da origen a muy malos olores, Ramírez et al. (2010) una de las soluciones de importancia para esta problemática es la implementación de biodigestores.

El biodigestor es una técnica de manejo de porcínaza donde crecen y se multiplican diferentes bacterias anaerobias que ayudan a procesar los residuos orgánicos obteniendo como subproducto un gas combustible (biogás) y como efluente líquido (biol) una materia orgánica estabilizada rica en nutrientes, (Téllez, 2008).

Hay varios tipos de biodigestores, uno de los más comunes de flujo continuo o tipo balón. Esta clase de biodigestor está conformado por un bolsa o lona de plástico cilíndrico donde van las excretas y el agua y una bolsa en la parte superior que es donde se almacena el biogás. Al ser una lona elástica y debido al peso y volumen de las excretas se logra la presión del gas, (Santana, 2008). En el biodigestor de flujo continuo se agrega material continuamente y el efluente se descarga en la misma cantidad en que se ingresa material. En este tipo de biodigestor el manejo es sencillo y de fácil control, la fermentación de las excretas y producción de biogás es continua y constante, se debe tener en cuenta que para esto es importante que se tenga un material residual abundante. (Téllez, 2008).

**Figura 1.** *Biodigestor*



Fuente: (Porkolombia, 2020)

La producción del biogás depende de la cantidad de biomasa, que está formada por grasas, proteínas e hidratos de carbono. “La mayor cantidad de biogás se obtiene de las grasas, pero el mayor % de gas metano se obtiene de las proteínas (71%). Por medio de los hidratos de carbono se obtiene la menor producción de metano; lo anterior es indispensable para poder



realizar una mezcla equilibrada de sustratos donde la producción del biogás sea de calidad, esto depende principalmente de la composición de la biomasa.” (Aqualimpia, 2019)

El biogás es una mezcla gaseosa combustible resultado de la digestión de material vegetal o animal, debido a las características de estos materiales su fermentación puede ser usado para fines energéticos y su poder calorífico está 4500 y 6500 Kcal/m<sup>3</sup> que fácilmente puede reemplazar los combustibles tradicionales. (Téllez, 2008).

Otro producto del biodigestor por medio de la digestión anaerobia es el efluente o biol que es un biofertilizante orgánico rico en nutrientes el cual puede contribuir a la fertilización del suelo y las plantas. Este biol es rico en nitrógeno, fosforo y potasio con lo cual al usarlo como fertilizante puede contribuir a disminuir o llegar a sustituir el uso de abonos químicos. (Santana, 2008). Luego de la digestión anaerobia realizada por medio del biodigestor, son eliminados gran cantidad de organismos patógenos y el material digerido no genera mal olor, ni atrae moscas por lo que es poco contaminante. (Téllez, 2008).

La implementación y el uso de biodigestores en Colombia ha surgido no tanto para solucionar necesidades energéticas si no para solucionar el vertimiento de aguas residuales al medio ambiente. En el sector porcícola, la normatividad ambiental ha generado gran presión para que los porcicultores establezcan un manejo eficiente de aguas residuales con el fin de reducir contaminantes en al ambiente. (Porkolombia, 2020)

El biodigestor, es una tecnología sencilla, de bajo costo y eficiente para el manejo de la porcínaza y demás residuos agropecuarios y a su vez da un valor agregado con la generación de biogas y biol, (Porkolombia, 2020)

El biol es una importante fuente de materia orgánica el cual puede ser usado en diferentes actividades agrícolas como fertilizante y acondicionador de suelos. Para su uso o

comercialización es importante contar con una caracterización del producto y en el caso de venta un registro ante la autoridad competente. En Colombia el ente regulador de estos procesos es el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), donde se puede encontrar la siguiente regulación para la producción de abonos orgánicos en Colombia:

**Tabla 1.** *Regulación para la producción de abonos orgánicos en Colombia*

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Resolución ICA 150 de 2003	Por la que se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de Suelos en Colombia.
NTC 1927	Establece la clasificación, definición y fuentes de materias primas en fertilizantes y acondicionadores de suelos
NTC 5167 – 2004	Establece los requisitos de los ensayos para productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas de suelo.

Fuente: (Higuera, 2018)

Para realizar el registro de un abono orgánico ante el ICA se debe iniciar por definir el tipo de producto a registrar:

**Tabla 2.** *Tipo de producto a registrar*

<b>Definir producto a registrar Res. ICA 150 y NTC 1927 y 5167</b>	
<b>Fertilizante orgánico:</b> material orgánico de origen vegetal y/o animal, residuos urbanos solidos separados en la fuente, estandarizado (estabilizado) y con un manejo ambiental de manera limpia, en su procesamiento y transporte, que es agregado al suelo fundamentalmente para la nutrición de las plantas.	<b>Orgánico sólido:</b> contiene porcentajes mínimos de materia orgánica expresada en Carbono Orgánico Oxidable.
	<b>Orgánico-mineral sólido:</b> puede contener materiales de origen pedogenético, con o sin mezcla de abonos minerales + COO (% min).
	<b>Orgánico-mineral líquido:</b> producido por fermentación o adición de agua a un abono orgánico u orgánico-mineral con posterior extracción.

---

**Definir producto a registrar Res. ICA 150 y NTC 1927 y 5167**


---

<b>Enmienda o acondicionador orgánico:</b> producto de origen animal y/o vegetal (estabilizado) y manejado de manera ambientalmente limpia, que se aplica al suelo con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y biológicas. N, P, K < 2% p/p.	<b>Húmico sólido:</b> producto orgánico sólido de origen pedogenético o geológico con o sin tratamiento químico.
	<b>Húmico líquido:</b> obtenido mediante solubilización por medio alcalino o por oxidación química de un material pedogenético que aporta ácidos húmicos y fúlvicos.
	<b>No húmico sólido:</b> producido por deshidratación y estabilización de residuos orgánicos.
	<b>No húmico líquido:</b> producido por la solubilización y estabilización de residuos que provienen de plantas industriales y de plantas de tratamiento de aguas residuales agroindustriales y domiciliarias.

---

Fuente: (Higuera, 2018)

Seguido de tener claro el producto a registrar se debe realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

**Tabla 3.** *Análisis fisicoquímicos y microbiológicos*

<b>Hacer análisis fisicoquímicos y microbiológicos NTC 5167</b>	
<b>Fertilizantes orgánicos sólidos</b>	<b>Fisicoquímicos:</b> carbono orgánico oxidable total, Humedad, cenizas, CIC, pH, cap. de retención de humedad, macronutrientes (N, P, K), densidad, silicio.
	<b>Metales pesados:</b> As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb.
	<b>Microbiológicos:</b> coliformes, huevos de helmintos viables, fitopatógenos.
<b>Fertilizantes orgánicos líquidos</b>	<b>Fisicoquímicos:</b> Sólidos insolubles en agua, carbonos orgánicos oxidable, macronutrientes (N, P, K), contenido de sodio, densidad, pH, CE.
	<b>Metales pesados:</b> As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb.
	<b>Microbiológicos:</b> coliformes, huevos de helmintos viables, fitopatógenos.
<b>Estos exámenes deben ser realizado en Laboratorios registrados ante el ICA</b>	

---

Fuente: (Higuera, 2018)

Con base en los análisis requeridos por el ICA para abonos orgánicos y acondicionadores de suelos, se tiene como referente que la empresa BIO-TERRA ubicada en el municipio de Guarne -Antioquia fabrica y comercializa un acondicionador de suelos a partir de porcinaza procesada por medio de la tecnología de biodigestor.

El producto final de esta empresa es un acondicionador orgánico de suelos el cual cuenta con registro ICA de producción. A continuación, se presentan los resultados de los análisis realizados al producto por parte del ICA:

**Tabla 4.** *Resultados de los análisis realizados al producto por parte del ICA*

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO	
NOMBRE	BIOL
PRODUCTO	Acondicionador orgánico del suelo
FUENTE	Porcinaza
CATEGORIA	acondicionador de suelos orgánico líquido
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS Y FISICOQUÍMICAS	

### ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS

Código interno	Estado	Textura/Aspecto
06mar1402	Líquido	Heterogéneo

---

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS**


---

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (23nov1501)**

**Convenciones:** CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, C/N: carbono/nitrógeno, g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimens, cm: centímetros, cm<sup>3</sup>: centímetro cúbico, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte N°42, Versión 2.0, 1992, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Official Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization..A.A. Absorción Atómica

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Aluminio total	Al	E.C.	No aplica*	N.D	-	g/L
Calcio total	CaO	E.C.	No aplica*	0.31	0.02	g/L
Magnesio total	MgO	E.C.	No aplica*	0.036	0.001	g/L
Potasio total	K <sub>2</sub> O	E.C.	No aplica*	0.68	0.01	g/L
Sodio total	Na	E.C.	No aplica*	0.15	0.01	g/L
Zinc total	Zn	E.C.	No aplica*	N.D	-	g/L

\*Método desarrollado por el GIEM.

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unid.
Carbono orgánico oxidable total	No aplica	Titulométrica	NTC 5167	3.28	-	g/L
Conductividad eléctrica (1/200)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	0.03	-	dS/m
Densidad (20°C)	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	1.00	-	g/ml
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Espectrofotometría	NTC 234	0.08	-	g/L
Sólidos Suspendidos Totales	SST	Gravimetría	SM 2540 D	2.11	-	g/L
Nitrógeno orgánico total	N total	Kjeldahl	NTC 370	0.94	-	g/L
pH (10%)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	7.15	-	-
Relación C/N	No aplica	No aplica	No aplica	3.5	-	-

---

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**


---

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Convenciones: ufc. unidades formadoras de colonias.							
Código de la muestra	Mesófilos ufc / g	Termófilos u.f.c / g	Mohos u.f.c / g	Levaduras u.f.c / g	Nemátodos y/o Protozoos	Entero bacterias u.f.c / g	Salmonella u.f.c / 25 g
23nov1501	8,0E+06	1,0E+06	0,0E+00	8,2E+07	Ausentes	0,0E+00	Ausente

Fuente: (BIOTERRA, 2017)

## Descripción del Problema

Dentro de las producciones porcinas la porcínaza es un subproducto de gran interés económico, sanitario y ambiental. Esta tiene como fortaleza que pueden contribuir al equilibrio económico del sistema de producción, siendo usada como fertilizante en otros componentes agrícolas y/o pecuarios, contribuyendo así a disminuir costos de producción en otros sectores o se puede generar un ingreso por ventas. Como debilidad de este componente se tiene un gran poder contaminante, que puede afectar suelo, plantas, animales y las fuentes de agua si no se dispone correctamente. Además, los fuertes olores que puede generar un alto potencial contaminante del aire y ser un vector de diferentes plagas y enfermedades para el sistema productivo y el entorno que la rodea. No menos importante es el conflicto social que puede generar los olores con la comunidad cercanos a la producción.

El gran consumo de carne de cerdo y el avance que ha tenido el sector porcino en tecnificación y calidad, hace que haya una buena demanda de sus productos, lo que implica el crecimiento de las producciones ya existentes y el surgimiento de otras nuevas, por lo que se hace necesario analizar a fondo el manejo, disposición final y aprovechamiento de la porcínaza, buscando así el aprovechamiento de todo su potencial económico y fertilizante sin causar efectos contaminantes y sanitarios que perjudiquen la inocuidad de las producto final y su entorno.

Son varias formas de disposición final que los porcicultores pueden dar a la porcínaza, las cuales son avaladas por la normatividad agropecuaria y ambiental como lo son; lagunas de oxidación, pozos estercoleros, compostaje y manejo por medio de biodigestores, entre otros.

Una de las principales problemáticas que tienen las excretas porcinas son el gran volumen de producción que se genera diariamente y la necesidad que se crea de procesarlo rápidamente, ya que su fuerte olor puede contaminar el medio ambiente. Las excretas porcinas contienen gran cantidad de elementos químicos y biológicos que van estrechamente ligados con la alimentación, además por la forma de alimentación intensiva del cerdo, la composición nutricional de los alimentos que estos consumen, el manejo de medicamentos y vacunas para la sanidad y bioseguridad de los sistemas, hacen que las excretas porcinas contengan una gran cantidad de elementos químicos y biológicos que liberados al ambiente sin ningún tratamiento físico y/o químicos puedan tener grandes efectos contaminantes y perjudiciales para los ecosistemas que tengan contacto con estas excretas si no hay un debido proceso de manejo que garanticen la inocuidad del producto final. Por ello se ve la necesidad de un método de manejo y disposición final que aproveche al máximo sus cualidades como fertilizante y logre minimizar los efectos contaminantes de dichas excretas.

En el momento la tecnología de manejo de excretas que se utiliza en el sistema de producción Porcícola de la Estación Agraria San Pablo de la Universidad Nacional de Colombia es el biodigestor donde se dispone la porcínaza de la granja que al pasar por el proceso anaerobio dentro del biodigestor se transforma en el biogás para uso de los procesos de calefacción y el biol que es un fertilizante orgánico de gran calidad y poco efecto contaminante para el medio ambiente.

Con el biodigestor se puede dar solución a la problemática del efecto contaminante de las excretas porcinas, pero se genera una nueva dificultad, el aumento considerable del volumen del efluente líquido que sale del biodigestor (biol) ya que para un correcto tránsito de las excretas dentro del biodigestor se requiere una proporción de 3 a 4 partes de agua por 1 de estiércol por lo

que la cantidad de excretas entrantes se puede triplicar o cuadruplicar a la salida. En la cartilla de biogas de porkolombia se puede observar la relación ideal de estiércol- agua de acuerdo con la especie animal, donde la proporción ideal para los porcinos es (1:4), 1kilo de estiércol: 4 litros de agua, (Porkolombia, 2020).

Todo lo anterior muestra la necesidad de dar una buena disposición final a este efluente, bien sea usándolo como fertilizante en otros sistemas agropecuarias o buscando un canal de comercialización.

Para cualquiera de los anteriores procesos es importante realizar un análisis físico-químico y microbiológico al biol, que permita conocer su calidad como fertilizante y saber si ya no tienen efectos contaminantes para el medio ambiente, con este análisis se puede conocer si el producto es óptimo para su uso o si se deben realizar otros procesos adicionales con el fin de garantizar un abono líquido inocuo que pueda ser utilizado en la finca o envasado y comercializado bajo la normatividad vigente.

La facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Medellín para el desarrollo de su misión que es la docencia, investigación y extensión cuenta con tres Estaciones Agrarias:

- Estación Agraria San Pablo está ubicada en el municipio de Rionegro – Antioquia tiene una extensión de 27,67 hectáreas donde se desarrollan los programas de planta de concentrado, laboratorio de procesamiento de semen, porcicultura, avicultura y ganadería, (Universidad Nacional de Colombia, s.f.).
- Estación Agraria Paysandu que se encuentra en el corregimiento de Santa Helena de Medellín – Antioquia, tiene una extensión de 127 hectáreas y allí se desarrollan los programas de



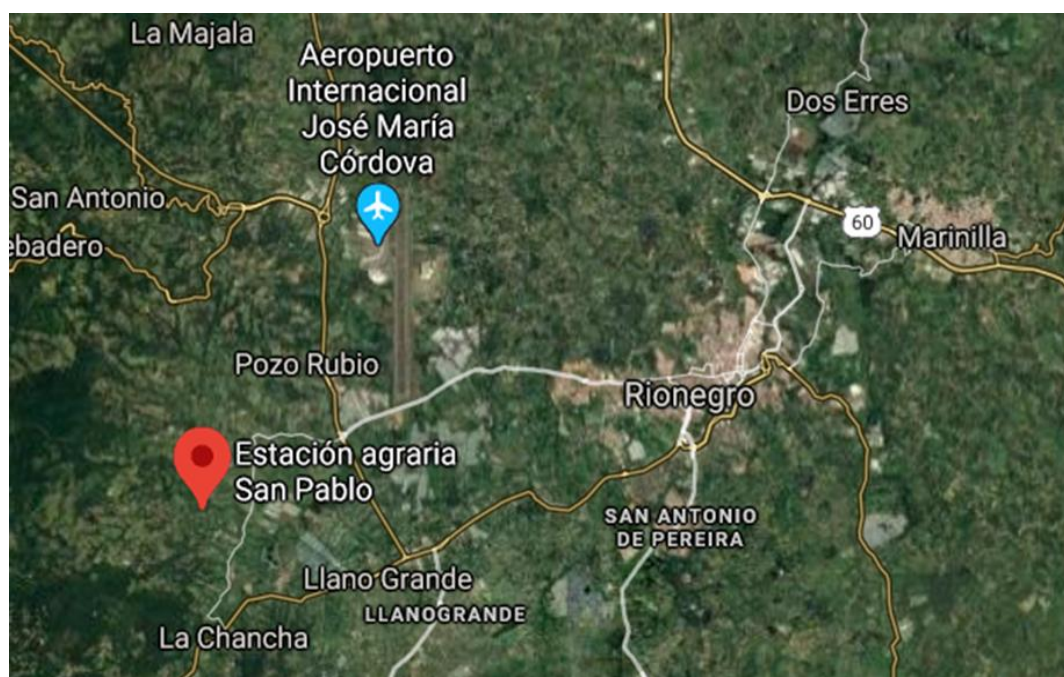
ganadería de leche y carne de clima frío, ganado criollo, equinos y mejoramiento genético y vegetal de papa y papaya, (Universidad Nacional de Colombia, s.f.).

- Estación Agraria Cotove ubicada en Santafé de Antioquia, con una extensión de 113 hectáreas y donde se desarrollan los programas de ganadería de carne, pasto para henificación y diferentes clases de frutales y cítricos, (Universidad Nacional de Colombia, s.f.).

Con los diferentes programas desarrollados en las Estaciones Agrarias se puede identificar la necesidad de fertilización que se requieren en los diferentes componentes agropecuarios donde el biol porcino puede ser un gran aliado en el aspecto económico y ambiental disminuyendo costos y contribuyendo al uso de fertilizantes naturales más amigables con el medio ambiente.

**Descripción de la Propuesta (localización geográfica, análisis técnico, análisis económico, análisis financiero, análisis social, análisis ambiental)**

**Figura 2.** Localización geográfica



La Estación Agraria San pablo de la Universidad Nacional de Colombia está ubicada en al oriente del departamento de Antioquia en el municipio de Rionegro, en la vereda Tablacito aproximadamente a 52 Km de la ciudad de Medellín y 10,7 km del municipio de Rionegro, Cuenta con una extensión de 27.67 hectáreas. Está clasificada en zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB). Su temperatura promedio esta entre 12 y 18° C, y tiene una altura sobre el nivel del mar de 2100m, una precipitación anual aproximada de 2.280mm y una humedad relativa de 75%. (Universidad Nacional de Colombia, s.f.)

## Análisis Técnico

**Figura 3.** Esquema del proceso de producción del biol



**Materias primas para el procesamiento del biol porcino:** Los dos componentes necesarios para obtener el biol porcino son la porcinaza y agua, teniendo en cuenta que la porcinaza está conformada por las excretas de los cerdos, residuos de polvo y concentrado resultante del barrido de los corrales. El agua debe adicionarse en la poceta de entrada del

biodigestor con el fin de que tenga una buena relación de porcinaza y agua lo que permite una correcta digestión anaerobia dentro del biodigestor.

**Recolección de la porcinaza:** Consiste en el aseo de los corrales del sistema de producción porcino. Esta labor es realizada diariamente por los operarios de la porcícola. Es importante que desde la parte operativa del proyecto del biol porcino se esté atento a que estas labores se realicen correctamente que garantice el suministro constante de la materia prima. En la Estación Agraria San Pablo se implementa el aseo de los corrales en seco por lo que se recoge la porquinaza con cepillo y pala, en una carreta, esta es llevada hasta la poceta de entrada del biodigestor allí se deposita y se le agrega agua de acuerdo a la proporción requerida.

### **Equipos, materiales e insumos para el desarrollo del proyecto**

**Biodigestor:** el biodigestor es el equipo principal para el procesamiento del biol porcino pues allí es donde se degrada la porcinaza y se transforma en biogás y biol porcino.

Todos los biodigestores manejan el mismo principio que es la ausencia de oxígeno y el medio adecuado para la proliferación de microorganismos necesarios para la producción de biogás, existen diversos tipos de biodigestores desde algunos muy complejos con alta tecnología y elevados costos para su construcción y otros más rudimentarios de fácil construcción y bajo costo, (Porkolombia, 2020).

El tamaño y clase de biodigestor que se pretenda construir depende del tamaño del sistema de producción, la cantidad y de la variedad de materia orgánica que se genere, también es importante si será de proceso continuo, semi-continuo o discontinuo y otro factor importante son las condiciones topográficas y climáticas de la zona, (Porkolombia, 2020).

Para el caso del sistema de producción porcícola de la Estación Agraria San Pablo ya se cuenta con biodigestor tipo taiwanes de flujo continuo.

**Figura 4.** *Sistema de producción porcícola de la Estación Agraria San Pablo*

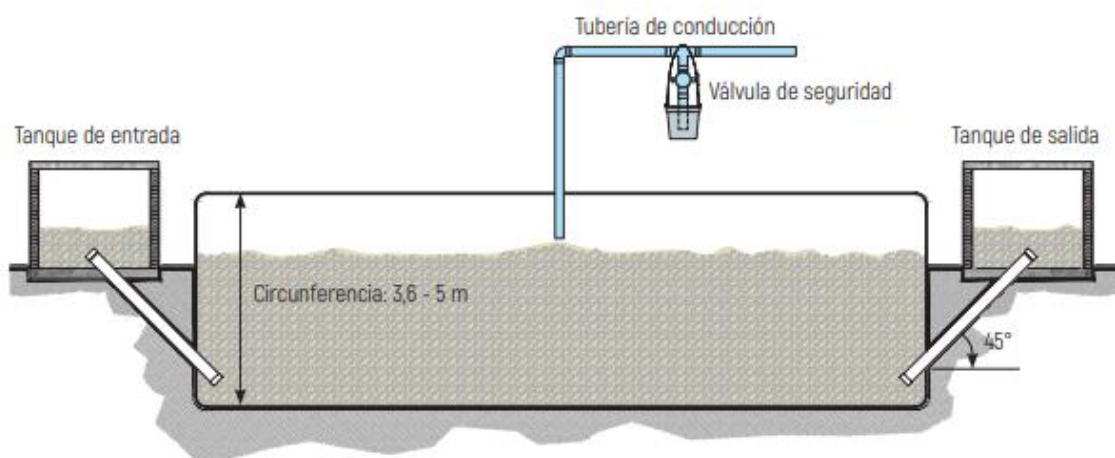


Fuente: Jorge Iván Gallo Guarín, Estación Agraria San pablo, Universidad Nacional de Colombia, Rionegro – Antioquia, 2020

**Biodigestor de flujo continuo o tipo taiwanes:** Entre los biodigestores que se ven en el mercado este es uno de los más económicos y fácil de construir, se construye con plástico o geotextil, este biodigestor se construye semienterrado y la zanja que se debe hacer es de mediana profundidad por lo que se puede hacer a mano, por no tener gran profundidad no requiere se sistemas complejos para la sostenibilidad de sus bordes, basta con un recubrimiento en plástico por fuera de la membrana. Lleva una poceta de entrada fabricada en ladrillo y revocada y una poceta de salida de las mismas dimensiones y características.

En Colombia el biodigestor de flujo continuo es de los más usados por su economía y fácil construcción. En la industria porcícola también es de los más utilizado especialmente en pequeñas y medianas producciones, además este biodigestor aumenta la temperatura dentro de la cámara de digestión usando la radiación solar y esto ayudar a acelerar el proceso de descomposición anaerobia, esta característica hace que sea uno de los biodigestores de elección para trabajar en clima frio, (Porkolombia, 2020).

**Figura 5.** *Biodigestor de flujo continuo*



Fuente: (Porkolombia, 2020)

**Dimensiones del Biodigestor:** Para analizar las dimensiones ideales de un biodigestor es importante tener en cuenta dos aspectos fundamentales que son: cantidad de porcínaza que se produce en el sistema productivo, lo que daría la velocidad de carga del biodigestor y la temperatura de la zona. Se dice que entre mayor sea la temperatura, menos sería el tiempo que las bacterias requieren en su proceso para degradar la materia orgánica y por consiguiente menor el tiempo que la porcínaza requiere estar dentro del biodigestor, a este tiempo se le conoce como, THR (tiempo de retención hidráulica), (Porkolombia, 2020).

En la siguiente tabla se analiza la relación entre temperatura y tiempo de retención

**Tabla 5.** *Relación entre temperatura y tiempo de retención*

Temperatura °C	Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) días
35	25-30
30	30-40
25	35-50
20	50-65
15	65-90
10	90-125

Fuente: (Porkolombia, 2020)

**Para el proyecto de biol porcino de la Estación Agraria San Pablo se tienen los siguientes datos:**

**Tabla 6.** *Referencia para mezcla de estiércol y agua para cargar el biodigestor*

Tabla de referencia para mezcla de estiércol y agua para cargar el biodigestor	
Tipos de estiércol	Relación estiércol, agua
Bovino	(1:3) 1hg de estiércol por 3 lt de agua
<b>Porcino</b>	<b>(1:4) 1kg de estiércol por 4 lt de agua</b>
Llama, oveja, cuy	(1:8-9) 1kg de estiércol por 8 o 9 lt de agua

Fuente: (Porkolombia, 2020)

De acuerdo a los datos citados en la tabla 6, se tiene como referencia que para la porcinaza la proporción ideal es de 1:4 (1 parte de estiércol por 4 partes de agua),

- Por experiencia en las labores de la porcícola se ha identificado que en el momento de la recolección de la porcínaza esta se encuentra mezclada con orina y agua sobrante de los bebederos por consiguiente dicha humedad dentro del sistema será tomada en cuenta como una parte de agua y siendo así se adicionaría 3 partes de agua por 1 de porcínaza, es de resaltar que este cálculo de dilución es propio de cada sistema de producción de acuerdo a su inventario y la forma de manejo de las excretas. Un estimado diario de 150 kg de porcínaza más una proporción de 1:3 de agua, estos darían un total diario de entrada al biodigestor de 600lt de mezcla de porcínaza con agua denominado como sustrato.
- Dado que se calcula un ingreso diario de 150 kg de porcínaza a la poceta de entrada del biodigestor entonces se debe adicionar 450lt de agua para un ingreso total de 600lt de la mezcla de porcínaza y agua (sustrato). En el proceso ocurrido dentro del biodigestor el volumen del producto que ingresa conserva la misma cantidad a la salida por lo que diariamente se tendrían 600 litros de biol porcino.
- La temperatura de la zona está entre 12 a 18 °C, y de acuerdo con la tabla de relación de temperatura y tiempo de retención y tomando la temperatura promedio de 15 °C se podría decir que se requiere un TRH de 75 días.

La relación entre tiempo de retención hidráulica (TRH), volumen neto del biodigestor ( $V_B$ ) y volumen del sustrato alimentado por día ( $V_S$ ) es la siguiente:

$$TRH \text{ días} \frac{V_{Bm^3}}{V \frac{m^3}{s \text{ día}}}, \text{ (Porkolombia, 2020)}$$

Entonces para conocer qué capacidad debe tener el biodigestor se despeja ( $V_B$ ) por lo tanto se debe multiplicar el TRH por los metros cúbicos de sustrato que ingresan diario al

biodigestor que sería ( $V_S$ ), en este caso sería:  $V_B = TRH \text{ días} \times V \frac{m^3}{s \text{ día}} = 75 \text{ días} \times 0,6 \frac{m^3}{\text{día}} =$



$45m^3$ , (el biodigestor debe tener una capacidad de alojar  $45m^3$  de sustrato). Se debe tener en cuenta que el cilindro del biodigestor debe estar un 70% con sustrato y un 30% para reservorio de biogás, entonces para alojar  $45m^3$  de sustrato el cilindro debe tener una capacidad aproximadamente de  $64,28m^3$ . Siendo así el biodigestor debe ser de 2m de diámetro por 21 metros de largo.

La fórmula para calcular el tamaño del biodigestor fue la siguiente:

Volumen de un cilindro =  $\pi r^2 x h = 3.1416 x 1 x 21 = 65.97m^3$ , (Isamar Promotor, s.f.)

**Tanques para almacenamiento del biol:** El biol que sale del biodigestor llega a la poceta de salida, de allí pasa primero por un sistema de filtrado para recoger todo el sedimento y partículas que salgan del biodigestor, para esto se construye una poceta en ladrillo de 1 m de alto x 1 m de ancho x 4 m de largo, cada metro de la poceta se divide con una placa de fibra de vidrio perforada, en la primera división las perforaciones son más grandes y cada vez va disminuyendo más el orificio para que al final no quede nada de sedimento y llegue el biol sin residuos.

Actualmente el sedimento producido en el sistema de producción de la Estación Agraria San Pablo se usa para fertilizar el forraje que consumen las cerdas y las barreras vivas del perímetro del sistema.

Del tanque de filtrado pasa a 2 tanques plásticos de 5.000 L cada uno donde se revisa el biol, y se verifica que cumpla las condiciones para ser envasado. En estos tanques se tiene el biol completamente líquido libre de impurezas. Los tanques tendrán un sistema de entrada y salida reguladas por válvulas de paso, de estos tanques se conducirá el biol por medio de tuberías a las zonas de fertilización o se empacará en tanques de 1.000 litros para llevar a las otras estaciones

agrarias. Si se piensa comercializar se puede empacar en canecas o garrafa de 10 o 20 litros de capacidad.

**Formas de almacenamiento y transporte del biol:** El uso principal del biol porcino será para la fertilización de potreros y cultivos agrícolas que se manejan en las diferentes estaciones agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para el uso en la Estación Agraria San Pablo, el biol será conducido por medio de tuberías desde los tanques de almacenamiento hasta los potreros destinados a fertilizar y a las demás estaciones se llevará por medio de tanques cuadrados de 1000 litros con recubrimiento metálico ideales para transportar líquidos en forma segura.

**Tabla 7.** *Especificaciones técnicas del tanque*


<b>Tanque IBC 1.000 Litros con Base Metálica Reacondicionada</b>	
<b>Tipo:</b> Tanque de Almacenamiento	
<b>Peso:</b> 60 Kg	
<b>Material:</b> Polietileno de alta densidad	
<b>Tapa inferior:</b> Plástico de 2 pulgadas	
<b>Válvula:</b> Con salida de 2 pulgadas	
<b>Estiba:</b> Metálica	
<b>Dimensiones:</b> 120x100x120 cm	
<b>Capacidad:</b> 501 - 1.000 Lts.	
<b>Tapa superior:</b> Plástico de 5 pulgadas	

Fuente: Homcenter. (s.f.). Tanque IBC 1.000 Litros con Base Metálica Reacondicionada. [Imagen]

<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/373038/tanque-ibc-1000-litros-con-base-metalica-reacondicionada>

**Canecas para comercializar el biol:** Si se requiere comercializar el biol será empacado en canecas plásticas tipo garrafa o bibon en presentaciones de 10 y 20 lt, estas canecas estarán selladas y tendrán rotulado de acuerdo a las exigencias y permisos tramitados ante el ICA.

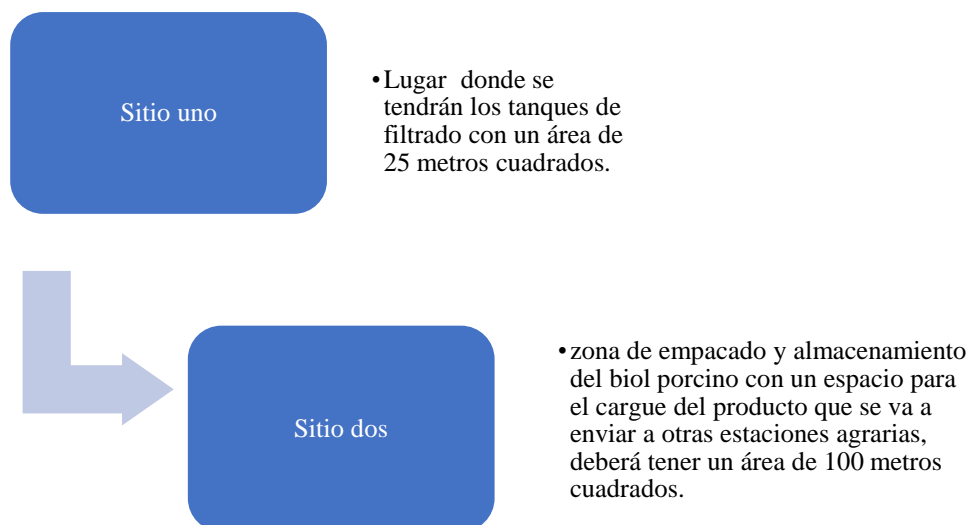
**Tabla 8.** *Especificaciones técnicas del empaque*

<b>Especificaciones técnicas del empaque</b>	
Características	Caneca o garrafa de 20 litros, apilable con mejor estabilidad para el manejo y transporte, 100% hermética, alta resistencia al impacto, fabricada 100% con materiales originales aprobados por la FDA, asa ergonómica, apta para lubricantes, aceites, químicos, disolventes y alimentos en general.
Material	PEAD APM
Medidas canecas de 20 lt	291x264x356 mm
Modelo	

Fuente: (Incodi S.A.S., s.f.)

**Infraestructuras necesarias para el manejo del biol porcino.**

**Figura 6.** Una construcción dividida en dos sitios



**Producción de excretas porcinas:** De acuerdo con un estudio realizado por porkolombia y la Universidad de Antioquia en el 2018, donde analizaron la producción de excretas porcina en una granja de ciclo completo se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 9.** Valoración de producción de porcina para los diferentes grupos etarios (kg)

Valoración de producción de porcina para los diferentes grupos etarios (kg)						
Padrón	Hembras reemplazo	Hembras gestantes	Hembras vacías	Hembras lactantes	Precebo	Levante y ceba
1.25	0.67	0.76	0.63	2.4	0.55	0.59

Fuente: (Porkolombia - UdeA, 2018)

La producción de biol depende en gran medida de la producción de porcinaza de la granja, en este caso el sistema de producción porcina cuenta con un programa de producción de ciclo completo. El inventario promedio de semovientes en lo corrido del año 2021 es el siguiente: 25 hembras de cría, 3 machos reproductores, precebo: 70, levante: 60, ceba: 100.

Se debe tener en cuenta que el área de lactancia se le hace aseo por medio de canales de desagües y de esta zona las excretas no llegan al biodigestor.

A la hora de ejecutar el proyecto sería importante realizar pesajes aleatorios y periódicos de las excretas para tener un cálculo más exacto de su producción diaria.

De acuerdo con la información que se tiene de la producción de excretas de la porcícola y las referencias obtenidas del informe de Porkolombia y la UdeA, se tienen el siguiente cálculo de producción de excretas en la porcícola de la Estación Agraria San Pablo

**Tabla 10.** *Cálculo de producción diaria de porcinaza en Estación Agraria san Pablo que llega al biodigestor*

<b>Cálculo de producción diaria de porcinaza en Estación Agraria San Pablo que llega al biodigestor</b>							
Grupo etario	Padrón	Hembras reemplazo	Hembras gestantes	Hembras vacías	Hembras lactantes	Precebo	Levante y ceba
Promedio producciones excretas	1.25	0.67	0.76	0.63	2.4	0.55	0.59
Promedio inventario animales	3	3	15	5		70	160
Total, por grupo Etario	3.75	2.01	11.4	3.15		38.5	94.4
Total, aproximado de producción de excretas en un día: <b>153.21</b>							

**Análisis de capacidad de producir de biol porcino:** Teniendo en cuenta que en la producción del biol se usa básicamente la porcina y el agua es importante definir la proporción de cada una de sus partes. Se debe tener en cuenta que las bacterias metanogénicas pueden ser afectadas por los sólidos en sustrato, de acuerdo a esto es importante tener un adecuado porcentaje de sólidos totales en la mezcla de agua y porcina que ingresa al biodigestor, entre más alto el porcentaje de sólidos totales (%ST), más cantidad de agua se requiere para la dilución, (Porkolombia, 2020).

**Tabla 11.** *Contenido de sólidos totales (ST) promedio de diversos animales*

<b>Contenido de sólidos totales (ST) promedio de diversos animales</b>	
<b>Residuos animales</b>	<b>% Sólidos totales</b>
Bovinos	13.4 – 56.2
<b>Porcinos</b>	<b>15.0 – 49.0</b>
Aves	26.0 – 92.0
Caprinos	83.0 – 92.0
Ovejas	32.0 – 45.0
Conejos	34.7 – 90.8
Equinos	19.0 – 42.9
Excretas humanas	17.0
Fuente: (Porkolombia, 2020)	

**Tabla 6.** *Proceso ocurrió dentro del biodigestor*

<b>Proceso de digestión anaerobia:</b> Este proceso se subdivide en cuatro etapas	
<b>Hidrolisis</b>	Es la primera etapa donde ocurre se da la descomposición de la materia orgánica, pasan de moléculas complejas como proteínas, carbohidratos y lípidos, a compuestos más sencillos como aminoácidos, azúcares y ácidos grasos.
<b>Acidogénesis</b>	Los compuestos solubles producto de la hidrólisis, son metabolizados a dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), hidrógeno (H <sub>2</sub> ), y a otros ácidos de cadena corta (ácidos grasos volátiles)
<b>Acetogénesis</b>	En esta etapa los ácidos de cadena corta, son convertidos en ácido acético
<b>Metanogénesis</b>	En esta etapa las bacterias metanógenas transforman el ácido acético y metano (CH <sub>4</sub> ), hidrógeno (H <sub>2</sub> ) y dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), dando por finalizado el proceso de digestión.

Fuente: (Porkolombia, 2020)

**Análisis de calidad del biol porcino.** En los análisis de calidad que se le realizan al biol porcino es importante tener como referente la normatividad del ICA. Es de resaltar que si el biol es utilizado en la misma granja así sea en otro predio califica como autoconsumo y no requiere certificarse ante el ICA, pero si es importante tener en cuenta algunos aspectos que garanticen un proceso de calidad, los cuales serían:

**Tabla 7.** *Aspectos que garantizan un proceso de calidad*

<b>Tener profesional que dirige el proceso</b>	Contar con un ingeniero agrónomo que asesore el proyecto en todas sus fases y garantice la calidad de todos sus procesos
<b>Definir producto a analizar (Resolución ICA 150 y NTC 1927 y 5167)</b>	<b>Fertilizante orgánico-mineral líquido:</b> material orgánico de origen vegetal y/o animal, residuos sólidos urbanos separados en la fuente, estandarizado (estabilizado) y manejado de manera ambientalmente limpia, tanto en su procesamiento como en el transporte, que es agregado al suelo fundamentalmente para la nutrición de las plantas. Producido por fermentación o adición de agua a un abono orgánico u orgánico-mineral con posterior extracción

<b>Hacer análisis fisicoquímicos y microbiológicos NTC 5167 a fertilizantes orgánicos líquidos</b>	<b>Fisicoquímicos:</b> Sólidos insolubles en agua, carbonos orgánicos oxidable, macronutrientes (N, P, K), contenido de sodio, densidad, pH, CE. <b>Metales pesados:</b> As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb. <b>Microbiológicos:</b> coliformes, huevos de helmintos viables, fitopatógenos.	
<b>Determinar si se cumple con los requisitos NTC 5167</b>	<b>Parámetro a caracterizar</b>	<b>Límites a garantizar</b>
	Sólidos insolubles en agua	Max 40g/L
	Contenido de CO Ox. Tot.	Mín. 20g/L
	∑ elementos a registrar	Mín. 40 g/L
	N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y K <sub>2</sub> O %	Reportar
	Contenido de sodio (%Na)	Max. 10 g/L
	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Reportar
	pH	Max. 8,5
	Conductividad El. (dS/m)	Reportar
	Cadmio (cd) mg/kg	39 mg/kg
	Cromo (cr) mg/kg	1200 mg/kg
	Mercurio (Hg) mg/kg	17 mg/kg
	Níquel (Ni) mg/kg	420 mg/kg
	Plomo (pb) mg/kg	300 mg/kg
Arsénico (As) mg/kg	41 mg/kg	
<b>Hacer ajustes al proceso, si se requiere</b>	Se debe analizar los resultados y de acuerdo a las recomendaciones entregadas por el laboratorio verificar si se debe hacer la adición de alguno producto para inactivar algún patógeno o para garantizar los parámetros mínimos fertilizantes.	

Fuente: (Higuera, 2018)

Estos análisis de calidad del biol porcino se recomienda realizarlos una vez al año y sería importante articularlos con análisis de suelo realizados a las zonas donde se va a fertilizar ya que esto permite ajustar los planes de fertilización de acuerdo a las necesidades del suelo.

En el caso de querer comercializar el biol; se debe realizar el proceso de certificación ante al ICA como productor y comercializador, para esto se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:



**Tabla 8.** Aspectos para proceso de certificación ante al ICA como productor y comercializador

<b>Tener profesional que dirige el proceso</b>	Contar con un ingeniero agrónomo que asesore el proyecto en todas sus fases y garantice la calidad de todos sus procesos	
<b>Definir la modalidad del registro, (resolución 150 ICA)</b>	<p><b>Productor:</b> sería una empresa que técnicamente produce, transforma y envasa a partir de materias primas de origen nacional o importadas</p> <p><b>Registro de venta:</b> Documento oficial que autoriza la comercialización, distribución y venta fertilizantes orgánicos en el territorio nacional.</p>	
<b>Definir producto a registrar, (Resolución ICA 150 y NTC 1927 y 5167)</b>	<b>Fertilizante orgánico-mineral líquido:</b> material orgánico de origen vegetal y/o animal, residuos sólidos urbanos separados en la fuente, estandarizado (estabilizado) y manejado de manera ambientalmente limpia, tanto en su procesamiento como en el transporte, que es agregado al suelo fundamentalmente para la nutrición de las plantas. Producido por fermentación o adición de agua a un abono orgánico u orgánico-mineral con posterior extracción	
<b>Tener documentado todos los procesos</b>	Llevar registros y protocolos detallados de todos los procesos, se realizar trazabilidad de cada una de las etapas y todo debe tener protocolos de manejo y debe ser registrado con detalle. Se deben seguir los flujogramas establecidos por la resolución ICA 150.	
<b>Adecuar instalaciones y áreas de producción</b>	Se debe tratar de que las instalaciones contribuyan a disminuir efectos adversos al medio ambiente como lixiviados, emisiones, polvo, olores, entre otros. También se debe evitar afectaciones a comunidades humanas como ruidos excesivos, malos olores, tráfico excesivo de camiones, entre otros.	
<b>Hacer análisis fisicoquímicos y microbiológicos NTC 5167 a fertilizantes orgánicos líquidos</b>	<p><b>Fisicoquímicos:</b> Sólidos insolubles en agua, carbonos orgánicos oxidable, macronutrientes (N, P, K), contenido de sodio, densidad, pH, CE.</p> <p><b>Metales pesados:</b> As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb.</p> <p><b>Microbiológicos:</b> coliformes, huevos de helmintos viables, fitopatógenos.</p>	
<b>Determinar si se cumple con los requisitos NTC 5167</b>	<b>Parámetro a caracterizar</b>	<b>Límites a garantizar</b>
	Sólidos insolubles en agua	Max 40g/L
	Contenido de CO Ox. Tot.	Mín. 20g/L
	$\sum$ elementos a registrar	Mín. 40 g/L
	N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y K <sub>2</sub> O %	Reportar
	Contenido de sodio (%Na)	Max. 10 g/L
	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Reportar

	pH	Max. 8,5
	Conductividad El. (dS/m)	Reportar
	Cadmio (cd) mg/kg	39 mg/kg
	Cromo (cr) mg/kg	1200 mg/kg
	Mercurio (Hg) mg/kg	17 mg/kg
	Níquel (Ni) mg/kg	420 mg/kg
	Plomo (pb) mg/kg	300 mg/kg
	Arsénico (As) mg/kg	41 mg/kg
<b>Hacer ajustes al proceso, si se requiere</b>	Se debe analizar los resultados de los análisis y de acuerdo a las recomendaciones realizadas por el ICA se verifica si es necesario hacer ajustes en instalaciones o plantas físicas, procedimientos de producción, fuentes de materias primas y mezcla de las mismas, tiempos de estabilización del producto.	
<b>Tramitar registros ante el ICA - Res. 150 ICA</b>	<p>Diligenciamiento y presentación de la Forma ICA 3-894 "Solicitud de Registro de Empresas Fabricantes, Formuladoras, Envasadoras o Empacadoras de Fertilizantes y Acondicionadores de suelos" Firmado por el representante legal, se debe adjuntar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Certificado de Existencia y Representación Legal (persona jurídica) o Matrícula Mercantil (persona natural) no mayor a 90 días.</li> <li>2. Copia de los contratos vigentes (de dirección técnica, de producción y de control de calidad).</li> <li>3. Croquis de las instalaciones de producción, y de almacenamiento de materias primas y productos terminados.</li> <li>4. Documentación detallada de cada uno de los procesos que se desarrollan en las fases de fabricación, formulación, envasado o empaque.</li> <li>5. Recibo de pago por la tarifa establecida para el servicio (Productor \$1.088.473) (ventas fertilizantes \$1.450.939)</li> </ol> <p>El ICA verificará la información incluida en el formulario de solicitud, mediante visita técnica a las instalaciones de fabricación, formulación, envasado o empaque y al laboratorio de control de calidad (sí es del caso)</p>	

Fuente: (Higuera, 2018)

## Análisis Económico

Como se dijo anteriormente el biol porcino será usado dentro de las Estaciones Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Medellín. La alta demanda de fertilizantes que tienen las diferentes producciones agropecuarias que se manejan dentro de estas estaciones hacen de este proyecto un aliado económico de gran importancia.

El análisis económico que se está realizando al proyecto del biol porcino está basado en el autoconsumo del producto dentro las Estaciones Agrarias, si dado el caso se decide comercializar el biol se debe hacer cálculos adicionales de costos de producción e ingresos.

**Tabla 9.** *Cálculos adicionales de costos de producción e ingresos – Inversión*

<b>1. INVERSION</b>			
<b>1.1 MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Biodigestor de 2metros de diámetro por 21 metros de largo, de lona plástica tipo taiwanese a todo costo	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Placas de Fibra de vidrio con perforaciones de diferentes dimensiones para filtrado del biol	4	\$ 50.000	\$ 200.000
Tanque de 1m de ancho por 1m de alto por 4metros de largo en ladrillo y revocado para filtrado del biol a todo costo	1	\$ 800.000	\$ 800.000
Tanques plásticos negros con capacidad de 5000 lt cada uno	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
Tubos de pvc de 3/4 para instalar pasos del biol entre los tanques	3	\$ 20.000	\$ 60.000
Llaves de paso pvc 3/4 de alta resistencia	6	\$ 6.000	\$ 36.000
Uniones, tes, codos, limpiador y pega pvc	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Manguera de 3/4 flexible con adaptadores de 20metros	1	\$ 200.000	\$ 200.000

<b>1. INVERSION</b>			
<b>1.1 MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Motobomba JET de 2HP con mangueras y accesorios para bombeo del biol	1	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
Isotank de 1000 lt con recubrimiento metálico y estiba para transportar el biol	2	\$ 900.000	\$ 1.800.000
<b>Total, inversión maquinaria y equipo</b>			<b>\$ 14.696.000</b>

**Tabla 10.** *Depreciación maquinaria y equipos*

<b>1.2 DEPRECIACION MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>	<b>N.U/Años</b>	<b>Depreciación Año</b>
Biodigestor de 2metros de diámetro por 21 metros de largo, de lona plástica tipo chorizo a todo costo	1	\$ 5.000.000	10	\$ 500.000
Placas de Fibra de vidrio con perforaciones de diferentes dimensiones para filtrado del biol	4	\$ 200.000	5	\$ 40.000
Tanque de 1m de ancho por 1m de alto por 4metros de largo en ladrillo y revocado para filtrado del biol a todo costo	1	\$ 800.000	10	\$ 80.000
Tanques plásticos negros con capacidad de 5000 lt cada uno	2	\$ 3.000.000	5	\$ 600.000
Tubos de pvc de 3/4 para instalar pasos del biol entre los tanques	3	\$ 60.000	5	\$ 12.000
Llaves de paso pvc 3/4 de alta resistencia	6	\$ 36.000	5	\$ 7.200
Uniones, tes, codos, limpiador y pega pvc	1	\$ 100.000	5	\$ 20.000
Manguera de 3/4 flexible con adaptadores de 20metros	1	\$ 200.000	5	\$ 40.000
Motobomba JET de 2HP con mangueras y accesorios para bombeo del biol	1	\$ 3.500.000	5	\$ 700.000
Isotank de 1000 lt con recubrimiento metálico y estiba para transportar el biol	2	\$ 1.800.000	5	\$ 360.000

<b>1.2 DEPRECIACION MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>	<b>N.U/Años</b>	<b>Depreciación Año</b>
<b>TOTAL, DEPRECIACION MAQUINARIA Y EQUIPO POR AÑO</b>				<b>\$ 2.359.200</b>
Adaptado de: <a href="https://www.gerencie.com/vida-util-de-los-activos-fijos.html">https://www.gerencie.com/vida-util-de-los-activos-fijos.html</a>				

**Tabla 11.** *Construcciones y adecuaciones*

<b>1.3 CONSTRUCCIONES Y ADECUACIONES</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
Zona de filtrado y empaque del Biol porcino	Espacio donde se filtra y almacena el biol en tanques para ser envasado o conducido a zona de fertilización	\$ 5.000.000
Zona de embarque del Biol porcino	Lugar donde se empaqueta el Biol porcino para ser transportado a otras estaciones agrarias	\$ 2.000.000
<b>Total, adecuaciones</b>		<b>\$ 7.000.000</b>

**Tabla 12.** *Depreciación construcciones y edificaciones*

<b>1.4 DEPRECIACION CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>	<b>N.U/Años</b>	<b>Depreciación Año</b>
Zona de filtrado y empaque del Biol porcino	1	\$ 5.000.000	40	\$ 125.000
Zona de embarque del Biol porcino	4	\$ 2.000.000	40	\$ 50.000
<b>TOTAL, DEPRECIACION CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES</b>				<b>\$ 175.000</b>
Adaptado de: <a href="https://www.gerencie.com/vida-util-de-los-activos-fijos.html">https://www.gerencie.com/vida-util-de-los-activos-fijos.html</a>				

**Tabla 13.** *Análisis de calidad del biol*

<b>1.5 ANALISIS DE CALIDAD DEL BIOL</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
Análisis de inocuidad y calidad del Biol porcino	Análisis físico químico y microbiológicos del Biol	\$ 500.000
<b>Total</b>		<b>\$ 500.000</b>
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>		<b>\$ 22.196.000</b>

**Tabla 14.** *Costos variables*

<b>2. COSTOS VARIABLES</b>			
<b>2.1 COSTO MATERIAS PRIMAS EN UN MES</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad kg/ mes</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
kg de porcinaza mensual que ingresa al biodigestor el cual se pagara a la porcícola. (150kg día x 30 días = 4500kg de porcinaza mensual)	\$ 4.500	\$ 300	\$ 1.350.000
<b>TOTAL, COSTO VARIABLE</b>			<b>\$ 1.350.000</b>

**Tabla 15.** *Gastos variables de Administración*

<b>3. GASTOS VARIABLES DE ADMINISTRACION</b>			
<b>3.1 ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL Y DOTACION EN UN AÑO</b>			
<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Overoles	4	\$ 45.000	\$ 180.000
Botas	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Tapabocas (caja)	6	\$ 10.000	\$ 60.000
Petos plásticos	4	\$ 15.000	\$ 60.000
Guantes de carnaza	4	\$ 5.000	\$ 20.000
Guante de nitrilo	10	\$ 15.000	\$ 150.000
Gafas	4	\$ 6.000	\$ 24.000
<b>TOTAL, GASTOS VARIABLES DE ADMINNISTACION</b>			<b>\$ 544.000</b>

**Tabla 16. Costos fijos**

<b>4. COSTO FIJOS</b>			
<b>4.1 SALARIO</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Numero</b>	<b>Salario mensual</b>	<b>Valor total anual</b>
Zootecnista	1	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Operario producción (salario más prestaciones)	1	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
Ingeniero Agrónomo (prestación de servicios)	1	\$ 1.800.000	\$ 21.600.000
<b>Total, salario</b>			<b>\$ 93.600.000</b>

**Tabla 17. Servicios Públicos**

<b>4.2 SERVICIOS PUBLICOS</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Meses</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Agua	12	\$ 30.000	\$ 360.000
Energía	12	\$ 80.000	\$ 960.000
<b>Total, servicios públicos</b>			<b>\$ 1.320.000</b>
<b>TOTAL, COSTOS FIJOS</b>			<b>\$ 94.920.000</b>

**Tabla 18. Ingresos**

<b>5. INGRESOS</b>	
<b>5.1 VALOR DE BIOL PORCINO EN UN DIA</b>	
Valor litro de Biol porcino	\$ 1.000
Cantidad	600
Valor biol porcino por día	\$ 600.000
<b>5.2 VALOR DE BIOL PORCINO EN UN MES</b>	
Valor litro de Biol porcino	\$ 1.000
Cantidad	18.000
Valor biol porcino por mes	\$ 18.000.000
<b>5.3 VALOR DE BIOL PORCINO EN UN AÑO</b>	
Valor litro de Biol porcino	\$ 1.000
Cantidad	216.000
Valor biol porcino por año	\$ 216.000.000

## **Análisis Financiero**

La producción del Biol porcino es un proyecto de gran rentabilidad ya que no requiere costos altos en infraestructura, equipos y materia prima, además por su alto volumen de producción puede venderse a bajo precio lo que lo hace muy competitivo frente al costo de abonos químicos del mercado.

Es importante resaltar que a pesar que el biol no va ser comercializado a agentes externos, su valor económico será pagado por los demás sistemas de producción agropecuaria de la Universidad Nacional de Colombia de la sede Medellín al sistema de producción porcícola que es la empresa productora, con esto se busca dar un valor económico a este importante subproducto y generar un ingreso más para el sistema. Al ser comercializado internamente es catalogado como autoconsumo y no requiere los permisos de producción y comercialización exigidos por el ICA.

De acuerdo con el estudio financiero realizado y teniendo un costo de producción anual de \$114.898.200 y una producción de biol de 216.000 lt se tendría un costo de producción por litro de biol de \$532. Se fijo un precio de venta de \$1.000 ya que con el volumen de producción se puede tener una buena rentabilidad dando una ganancia por litro de \$468. Analizando los costos de uso de fertilizantes químicos por los demás sistemas de producción de las estaciones agrarias de la Universidad Nacional se Medellín se logró evidenciar que, a la fecha de elaboración de este proyecto, el precio de compra del kg de urea se encontraba a \$3.063 puesto en la estación agraria y con base a estos valores de referencia, el litro de biol quedaría a \$1.063.

Es importante resaltar que en este proyecto aplicado se realizó un análisis de la importancia de un correcto manejo en la producción del biol porcino, además de mostrar la



necesidad de conocer su calidad y realizar unas sugerencias para su disposición final como fertilizante orgánico. El precio que se le coloca al biol como valor comercial está sujeto a cambios luego de realizar otros estudios previos al uso del biol en las diferentes estaciones agrarias.

Este proyecto tiene como propósito ser socializado con las directivas de las estaciones agrarias y si se ve la viabilidad de ser puesto en marcha se debe complementar con estudio de investigación de campo donde ya se tenga un análisis fisicoquímico y microbiológico del biol que se pueda confrontar con análisis de suelo y bromatológicos de las zonas a fertilizar, con estos datos se puede hacer una proyección de la cantidad y frecuencia de uso del biol, además de poder calcular sus costos operativos en campo y saber económicamente que tan rentable sería en comparación con el abono químico, además de revisar otras variables de gran interés como sería sus beneficios ambientales y sociales con respecto al uso fertilización convencional.

**Tabla 19.** *Balance de producción de Biol porcino en un año*

<b>6. BALANCE DE PRODUCCION DE BIOL PORCINO EN UN AÑO</b>	
<b>6.1 Ingresos por producción de biol porcino en un año</b>	
<b>Total, ingresos en un año</b>	<b>\$ 216.000.000</b>
<b>6.2 Egresos por producción de biol porcino en un año</b>	
Depreciación maquinaria y equipos en un año	\$ 2.359.200
Depreciación anual construcciones	\$ 175.000
Análisis de inocuidad y calidad del Biol porcino	\$ 500.000
Costo de materia prima en un año	\$ 16.200.000
Dotación y elementos de protección personal	\$ 544.000
Salario y remuneración	\$ 93.600.000
Servicios públicos	\$ 1.320.000
<b>TOTAL, EGRESOS POR AÑO</b>	<b>\$ 114.698.200</b>

**Tabla 20. Balance económico**

<b>BALANCE ECONOMICO</b>	
Egresos	\$ 114.698.200
Ingresos	\$ 216.000.000
Utilidades por año	\$ 101.301.800
Utilidades por mes	\$ 8.441.816
Rentabilidad sobre ventas = $\frac{\text{utilidades por año}}{\text{ingresos por año}} \times 100 =$	
$\frac{\$101301800}{\$216000000} \times 100 = 46.89$	

En el análisis económico realizado se puede observar que el proyecto económicamente es viable y sostenible, con las cifras analizadas se puede ver que genera unas utilidades mensuales a la porcícola de \$ **8.441.816**. Las excretas porcinas que son la materia prima para la producción del biol, se han presupuestado en un valor de \$**300** por kg y teniendo ingreso mensual al biodigestor de 4.500kg esto daría un valor de \$ **1.350.000** mensuales, dinero que se la pagaría a la porcícola pues es quien provee estas excretas para la producción del biol, teniendo así un ingreso mensual neto de \$ **9.791.816**. Dinero que es generado por darle un valor agregado a un subproducto como la porcinaza que en muchos sistemas porcícolas no se maneja correctamente o es desechado sin tener en cuenta todo su potencial fertilizante y económico. Y las ganancias económicas no terminan aquí ya que en el proceso de descomposición anaeróbica del biodigestor también se obtiene el biogas que contribuye a un ahorro en el costo de energía eléctrica por la calefacción de los lechones.

Como otros beneficios financieros indirectos se puede mencionar la disminución de costos que puede tener la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín en la compra de fertilizantes para las diferentes estaciones agrarias ya que el valor de un litro de biol es de \$1.000 comparado con un kg de abono químico que puede estar alrededor de \$3.000.

Todo esto muestra que el proyecto del “Manejo de biol porcino obtenido por medio de biodigestor” puede generar gran rentabilidad para cualquier producción porcina que lo quiera implementar.

Dentro del análisis económico es importante resaltar que para lograr obtener todo el potencial económico que el proyecto puede generar es necesario utilizar todo el biol porcino que se produzca, para lo cual se requiere unas áreas de fertilización de considerable tamaño donde se pueda dar uso a todo el fertilizante. En este punto la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín tienen una gran fortaleza ya que con sus cuatro estaciones agrarias el requerimiento de fertilizante es bastante alto.

### **Análisis Social**

El proyecto del manejo del biol porcino procesado por medio de biodigestor adquiere una gran relevancia en el ámbito social solo por el hecho de ser realizado en un centro de extensión, investigación y docencia como es la Estación Agraria San Pablo de la Universidad Nacional de Colombia.

Esta Estación Agraria es visitada constantemente por estudiantes y diferentes grupos organizados que buscan aprender sobre el manejo de los sistemas de producción porcícolas, por ello el hecho de que dentro de su manejo integral se tenga el componente de transformación de la porcínaza en biol hace de este proyecto un gran referente para que sea replicado en otros sistemas de producción y ser base para nuevos proyectos similares o trabajos de investigación.

Es necesario que en el desarrollo de un proyecto se tenga una articulación con los diferentes sectores de la sociedad en los cuales el proyecto se haga presente. Dentro del

componente social de un proyecto la aceptación que este tenga en la sociedad es de gran importancia para su buen desarrollo. Esta aceptación se logra cuando se busca ser incluyentes y se trata de hacer partícipe a la comunidad en los beneficios generados por el proyecto, todo esto es posible cuando se tienen un buen tejido social basado en gran parte en el capital humano con que se cuenta.

Otro valor financiero y social de gran relevancia es la generación de empleo ya que con el manejo del biol porcino se está generando 3 empleos directos con un valor de **\$ 93.600.000** anuales.

En el componente social se debe tener presente la parte normativa y en este proyecto aplicado se tiene gran relación con la norma ISO 26000 la cual entrega información clara sobre relación de un proyecto industrial sostenible con tres pilares fundamentales que son la parte económica, ambiental y social, además orienta sobre los principios más importantes en la responsabilidad social.

La parte social del proyecto se debe enfocar desde dos aspectos principales que son: la aceptación que el proyecto pueda tener en la sociedad y el reconocimiento que se tenga en la comunidad por los beneficios que el proyecto pueda generar.

La transformación de la porcínaza por medio del biodigestor y el uso correcto del biol obtenido, contribuyen a disminuir los efectos contaminantes de la porcínaza en el ambiente como lo son la generación de malos olores y aparición de plagas como mosquitos y roedores. Al lograr disminuir estos factores de contaminación se logra que el sistema de producción porcícola tenga una aceptación social ya que se contribuye a un ambiente más limpio con menos olores desagradables y plagas que permite a la comunidad cercana tener un ambiente más tranquilo y

sano con una mejor calidad de vida generando una armonía con la comunidad y entorno que la rodea.

El reconocimiento de un proyecto a nivel social se logra en gran medida con los beneficios que este pueda entregar a la comunidad y que pueden verse reflejados en generación de empleo, nuevas tecnologías que puedan ser aplicados por otros sectores productivos, disminución de costos de producción, ser base para nuevos proyectos de investigación, impulsador de avances tecnológicos y científicos, dinamización económica y compromiso ambiental.

La puesta en marcha de un proyecto impulsa a adquirir un gran compromiso ético y social. Es por ello que el manejo del biol porcino procesado por medio de biodigestor sin dejar de ser rentable adquiere un sentido social de gran trascendencia, es desarrollado bajo la normatividad que rige el sector agropecuario colombiano por lo que se garantiza ser transparente en sus procesos y ofrece un producto de calidad certificada. La formulación de este proyecto a pesar de tener un ciclo completo de producción hasta sacar un producto final deja un camino abierto para ampliar el sistema de producción con el componente de comercialización y articularse con nuevos proyectos relacionados con la fertilización de plantas y suelos, en este sentido queda una base importante en la fertilización orgánica del sector agropecuario.

### **Análisis Ambiental**

Para determinar la viabilidad de un proyecto agropecuario uno de los enfoques principales es el efecto que tenga en el medio ambiente, el biol porcino es generado por la fermentación de porcino, su descomposición y transformación se realiza en un ambiente

anaerobio, esto contribuye a que el proceso realizado dentro del biodigestor no tenga efecto sobre el medio ambiente ya que los procesos químicos y biológicos que se desencadenan en la hidrólisis ocurren en un ambiente controlado y los productos finales que son el biol y el biogas salen al ambiente con un mínimo de potencial contaminante.

Uno de los principales factores de interés que tiene este proyecto en la parte ambiental es evitar que el medio ambiente reciba la porcínaza fresca si ningún tipo de tratamiento ya que esto puede liberar los diferentes agentes contaminantes que esta trae consigo. El proceso que ocurre dentro del biodigestor genera una eliminación e inactivación de gran cantidad de patógenos, así como generar solubilidad y degradación de otros componentes químicos y biológicos contribuyendo a que el biol sea más inocuo y de fácil asimilación para el suelo y las plantas.

El manejo de la tecnología de digestión anaerobia para el procesamiento de la porcínaza y la generación abono, tiene evidentes ventajas ambientales, económicas y sociales, (Porkolombia, 2020). Es importante garantizar que se tengan en cuenta todas las recomendaciones de manejo plasmadas en este proyecto para obtener un biol de buena calidad, así mismo se deben realizar los análisis físico químicos y microbiológicos que demuestren la calidad del producto, también se importante buscar que el consumidor final realice unos procesos de fertilización adecuados, ojalá basados en análisis bromatológicos y de suelos que garanticen un adecuado manejo del fertilizante.

Dentro de la normatividad ambiental se deben tener en cuenta las entidades que ejercen control en la zona de influencia del proyecto, en el caso del proyecto del manejo del biol porcino las entidades que tienen relación con el aspecto ambiental serian: la administración municipal de Rionegro, (CORNARE) Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare y (ICA) Instituto Colombiano Agropecuario.

Dentro del ámbito ambiental es necesario llevar un control y trazabilidad de los procesos donde se identifiquen puntos críticos del manejo y de esta forma llevar un adecuado proceso. Son varias las normativas existentes dentro del sector agropecuario que tienen que ver con la parte ambiental y a todas ellas se les debe dar cumplimiento garantizando así un adecuado desarrollo del proyecto. Entre las normas más importantes se pueden destacar:

- Decreto 1076 de mayo 26 del 2015: por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En el título 5, capítulo 1 se habla del reglamento de protección y control de calidad del aire. (SUIN Juriscol, 2015)
- Norma ISO 14001 2015, que habla del sistema de gestión ambiental y los requisitos con orientación para su uso. (Norma Técnica Colombiana , 2015)
- Resolución 150 DE 2003, (enero 21) del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia. (ICA Instituto Colombiano Agropecuario, 2003)
- Resolución 76509 del 25 de septiembre de 2020 del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener la certificación en buenas prácticas ganaderas BPG en la producción porcina. (ICA Instituto Colombiano Agropecuario, 2020)

Para realizar un adecuado análisis ambiental del proyecto se pueden plantear los siguientes interrogantes:

1. ¿La prevención de la contaminación ambiental es un tema a tener en cuenta dentro del proyecto?
2. ¿En el proyecto se busca hacer uso eficiente y sostenible de los recursos naturales?

3. ¿Dentro del proyecto se buscan alternativas para la mitigación y adaptación al cambio climático?

En este proyecto estas preguntas son muy tenidas en cuenta. El biol porcino es un fertilizante que contribuye a disminuir y prevenir la contaminación del medio ambiente pues evita que la porcinoza sea liberada directamente al medio contribuyendo con esto a evitar los efectos nocivos que esto puede generar como malos olores, plagas, posibles patógenos y saturación del suelo por excesiva concentración de materia orgánica de la porcinoza fresca.

El objetivo principal en el proyecto es el uso del biol como fertilizante orgánico inocuo siendo esto un gran aporte al uso sostenible de los recursos ya que se está reciclando la porcinoza y realizándosele un proceso de transformación que potencializa su capacidad fertilizante y minimiza sus efectos contaminantes en el medio ambiente. Es importante resaltar que al realizar un seguimiento con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se logra tener un control sobre la calidad del producto final siendo más confiable su uso.

La obtención del biogas es otro subproducto de gran interés dentro del proyecto pues contribuye al uso sostenible de los recursos por su aporte en la disminución de gasto de energía eléctrica, siendo reemplazada por una energía alternativa y contribuye a evitar la liberación de gases nocivos al ambiente como ácido sulfúrico y gas metano. Con esto se está teniendo en cuenta la mitigación y adaptación al cambio climático, además se busca incentivar el uso de fertilizantes orgánicos y así disminuir los productos químicos. Con la fermentación anaerobia de la porcinoza se evita la liberación al ambiente de gran cantidad de elementos orgánicos, biológicos y químicos que sin este proceso pueden tener gran potencial contaminante.

Todo este análisis indica que el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental ya que en él se maneja un programa de gestión ambiental muy completo el cual está apoyado en



unos componentes económicos y sociales sólidos y viables con los que se logra un equilibrio entre estos tres aspectos (económico, ambiental y social) que son el pilar fundamental de un proyecto industrial sostenible.

## Conclusiones

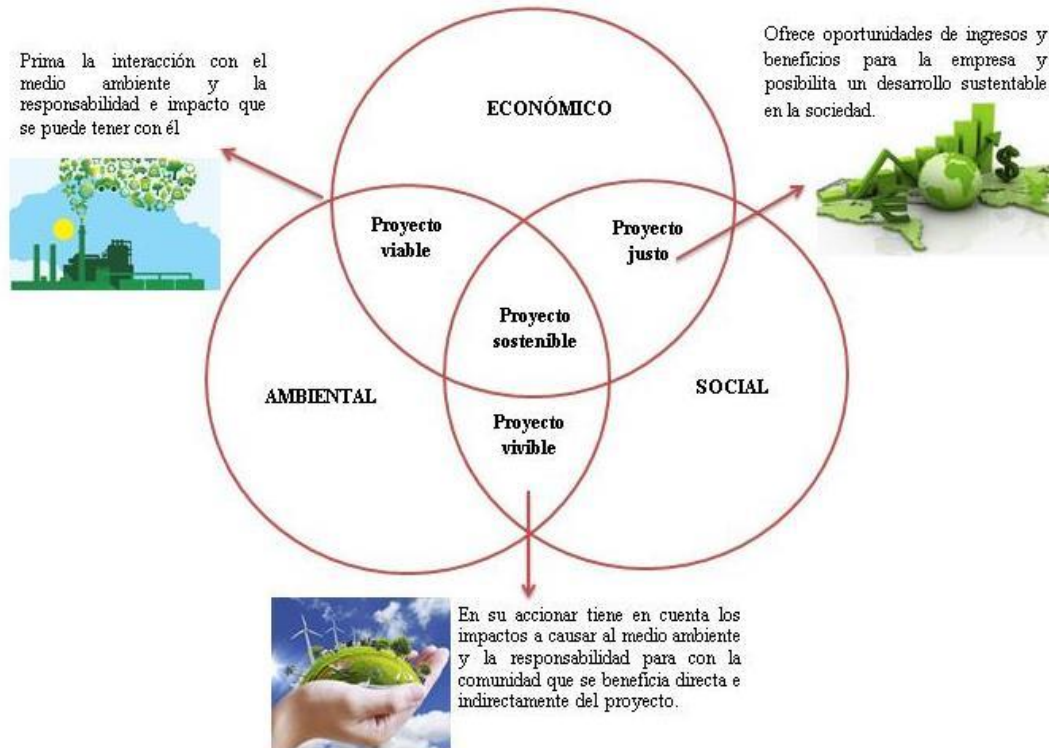
El manejo del biol porcino obtenido por medio de biodigestor es un proyecto de gran impacto para las porcícolas por ello es importante impulsarlo para que sea referente para la comunidad educativa y productores incentivando el correcto manejo de la porcínaza convirtiéndolo en un aliado estratégico en los componentes económicos, social y ambiental de la producción.

La docencia, extensión e investigación son la misión de las Estaciones Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia. Con este proyecto del biol porcino se hace un aporte importante a esta misión ya que dentro de su desarrollo pone a disposición de docentes, estudiantes y demás grupos organizados que visiten la granja, su capital humano, infraestructura y capacidad técnica con el fin de que conozcan la importancia del proyecto, aprendan de su funcionamiento para que lo repliquen en sus comunidades y sea base para futuros proyectos de investigación.

La generación de biogas y biol a partir de la porcínaza, contribuye a cerrar el ciclo de producción en el sector porcícola, se convierte en un ejemplo de aprovechamiento de recursos generando un valor agregado y disminuyendo efectos contaminantes e impactos negativos en los sectores de gran interés para la porcicultura como la economía, el sector social y el medio ambiente.

Con el esquema citado a continuación se da una conclusión general de la importancia del proyecto en sus tres ejes de acción más importantes

**Figura 7.** Importancia del proyecto en sus tres ejes de acción más importantes



Fuentes: (Evaluación de proyectos UNAD, 2019)

## Recomendaciones

Es importante que el sistema de producción Porcicola de la Estación Agraria San Pablo tenga en cuenta todas las especificaciones técnicas e infraestructura que se debe adecuar para llevar a cabo el proyecto del correcto manejo del biol porcino. Si bien es cierto la porcícola cuenta con un gran aporte al proyecto como lo es la producción de materia prima, es importante enfatizar en la adecuación del biodigestor con las especificaciones requeridas y la construcción de los espacios para el almacenamiento, control de calidad y manejo del biol.

Se recomienda que tanto en este proyecto como en otros similares se realice un trabajo articulado con los sistemas de producción porcícola bien sea que el proyecto del manejo del biol esté integrado dentro del mismo sistema como es en este caso o sea esta el proveedor de la materia prima. Dicha articulación es de vital importancia ya que se debe garantizar que desde el sistema de producción se haga un correcto manejo sanitario de alimentación y bioseguridad para que la porcina producida sea de buena calidad, lo ideal sería que el sistema de producción porcícola este certificada bajo la “Resolución 76509 del 25 de septiembre de 2020 del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA”.

La producción porcina en Colombia va cada día en aumento es por ello se recomienda que el manejo del biol porcino por medio de biodigestor sea tomado como referente por otros productores para el tratamiento de la porcina ya que se puede evidenciar los grandes beneficios que se pueden tener a nivel económico, ambiental y social.

Es recomendable que este trabajo sea tomado como base para implementar un manejo de biol porcino, pero enfocado en la comercialización ya que muchos sistemas de producción porcícolas no cuentan con sistemas agropecuarios asociados donde puedan utilizar el fertilizante como si lo tienen la Universidad Nacional de Colombia en la sede de Medellín.

Se hace necesario recomendar a la Universidad Nacional de Colombia en la sede Medellín que si este proyecto se logra ejecutar sería muy importante complementarlo con análisis de suelo y bromatológico de las zonas y cultivos que se vayan a fertilizar logrando así un uso más eficiente y racional del biol porcino.

También es importante hacer estudios de campo que permitan realizar una comparación entre el biol y los fertilizantes químicos en cuanto a dosificación, frecuencia de aplicación, mano de obra de manejo y otras variables de interés que permitan identificar un plan de manejo adecuado del biol porcino.

## Referencias

- Aqualimpia (2019). *Aprovechamiento de residuos en biodigestores para la producción de energía*. <https://www.aqualimpia.com/biodigestores/residuos/>
- BIOTERRA. (2017). *Informe emprendimiento verde COMFAMA, plan operativo de empresas*.
- Evaluación de proyectos UNAD. (mayo de 2019). *Evaluación de proyectos 103*.  
<https://evaluaproyec103.blogspot.com/2019/05/blog-post.html>
- Higuera, J. E. (2018). *Procedimiento para el registro de producción de abonos orgánicos derivados de la porsinaza*. Porsinaza, Bogota.
- ICA Instituto Colombiano Agropecuario. (21 de Enero de 2003). *Resolucion 00150*.  
<https://www.mincit.gov.co/temas-interes/reglamentos-tecnicos/instituto-colombiano-agropecuario-ica/resolucion-00150-del-21-de-enero-de-2003.aspx>.
- ICA Instituto Colombiano Agropecuario. (25 de Septiembre de 2020). *Resolucion 076509*.  
<https://www.ica.gov.co/getattachment/af26e0f9-18bb-4fd7-8100-ba74f386ee28/2020R76509.aspx#:~:text=25%20SEP%2020%20%22Por%20medio,BPG%20en%20la%20producci%C3%B3n%20porcina%E2%80%9D>.
- Incodi S.A.S. (s.f.). *Catalogo del empaque, canecas de 20 litros*.  
<https://www.catalogodeempaques.com/ficha-producto/Garrafa-de-20-litros+134485>
- Isamar Promotor, C. F.-C. (s.f.). *Cilindro, volumen*. <https://www.geogebra.org/m/UxSET4MX>
- Norma Técnica Colombiana . (23 de Septiembre de 2015). *Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001*.  
[https://informacion.unad.edu.co/images/control\\_interno/NTC\\_ISO\\_14001\\_2015.pdf](https://informacion.unad.edu.co/images/control_interno/NTC_ISO_14001_2015.pdf).
- Online Browsing Platform (OBP). (2010) *ISO 26000:2010(en) Guidance on social responsibility*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es>

- Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., Meza-Contreras, V. (2016). *Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico*. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1-10.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162016000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162016000100001&lng=es&tlng=es).
- Porkolombia. (2020). *Guía del biogas para el sector porcicola en Colombia*.  
<https://www.porkcolombia.co/guia-de-biogas-para-el-sector-porcicola-colombiano/>
- Ramírez, J. C., Parra M, Y., Zárate Chaves, Ángela M., Moreno Bernal, C. A. (2010). *Ingeniería básica para el proceso de generación de biogás, a partir de porquinaza*. *Publicaciones E Investigación*, 4(1), 93–110. <https://doi.org/10.22490/25394088.580>
- Rodríguez Rodríguez, G. F., & Sánchez Camargo, Á. M. (2017). *Evaluación ambiental de los usos potenciales de la porcinaza posterior a su tratamiento de estabilización*. [Trabajo de pregrado, Universidad de la Salle].  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/495](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/495)
- SUIN Juriscol. (2015). *Decreto 1076 de 2015*. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019960>.
- Téllez Santana, C. A. (2008). *Diseño y selección de elementos para una planta de Biogás*. [Trabajo de pregrado. Universidad Austral de Chile].  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcit275d/sources/bmfcit275d.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Presentacion estaciones agrarias*.  
<https://cienciasagrarias.medellin.unal.edu.co/la-facultad/40-general/presentacionfca/1699-estaciones-agrarias.html>

Universo Porcino, biodigestor (09/04/2008) *Biodigestores*.

[http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que\\_es\\_un\\_biodigestor.html](http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/que_es_un_biodigestor.html)