


**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE
DE DESECHOS ORGÁNICOS EN LA FINCA SANTA BÁRBARA UBICADA EN EL
MUNICIPIO DE ARACATACA, DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA.**

AUTORES

JOINER ALBERTO MÁRQUEZ ARMENTA

WILLIAM ESTID CONTECHA BELEÑO



UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR

2025

DISEÑO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBICO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE DESECHOS ORGÁNICOS EN LA FINCA SANTA BÁRBARA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ARACATACA, DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA.

AUTORES

JOINER ALBERTO MÁRQUEZ ARMENTA

WILLIAM ESTID CONTECHA BELEÑO

DIRECTOR/ASESOR

FERNANDO ANAYA PAYARES

INGENIERO SANITARIO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR - CESAR

2025

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia

Resumen

Los biodigestores son sistemas cerrados que se cargan con residuos orgánicos como estiércol, restos de comidas o desechos vegetales, que permiten descomponer la materia orgánica en ausencia de oxígeno, produciendo biogás y fertilizantes a través del proceso de digestión anaeróbica. El diseño de un biodigestor anaeróbico implica examinar factores como la eficiencia en la producción de biogás, la optimización de la conservación de residuos orgánicos en energía y la seguridad y facilidad en el manejo del sistema. Además se deben tener en cuenta aspectos como el mantenimiento adecuado, control de olores y la integración del biodigestor con otras tecnologías sostenibles para un aprovechamiento óptimo de los subproductos generados, en este caso los fertilizantes.

La finca Santa Bárbara no cuenta con una disposición final de los residuos orgánicos producidos por la ganadería, por tal motivo se implementará un diseño de un biodigestor que permita garantizar y aprovechar los residuos orgánicos producidos, para así contribuir al uso de energías limpias que permita una sostenibilidad ambiental. La investigación tiene por objeto realizar un diseño de un biodigestor anaeróbico, a través de un diagnóstico de los residuos biológicos generados por el bovino que permita realizar el diseño detallado del biodigestor anaeróbico promoviendo a la gestión sostenible de los residuos orgánicos producidos por la finca.

Palabras claves: Biodigestores, Gestión Sostenible, Residuos orgánicos, Anaeróbico.



Abstract

Biodigesters are closed systems that are loaded with organic waste such as manure, food scraps, or plant residues, which allow the decomposition of organic matter in the absence of oxygen, producing biogas and fertilizers through the anaerobic digestion process. The design of an anaerobic biodigester involves examining factors such as efficiency in biogas production, optimizing the conversion of organic waste into energy, and ensuring safety and ease of system management. Additionally, aspects such as proper maintenance, odor control, and integration of the biodigester with other sustainable technologies must be considered for optimal utilization of the by-products generated, in this case, fertilizers.

Santa Barbara farm does not have a final disposal method for the organic waste produced by livestock; therefore, a biodigester design will be implemented to guarantee and utilize the organic waste produced, thus contributing to the use of clean energy that allows environmental sustainability. The research aims to carry out a design of an anaerobic biodigester through a diagnosis of the biological waste generated by cattle, which will allow for the detailed design of the anaerobic biodigester, promoting sustainable management of the organic waste produced by the farm.

Keywords: Biodigesters, Sustainable Management, Organic Waste, Anaerobic.

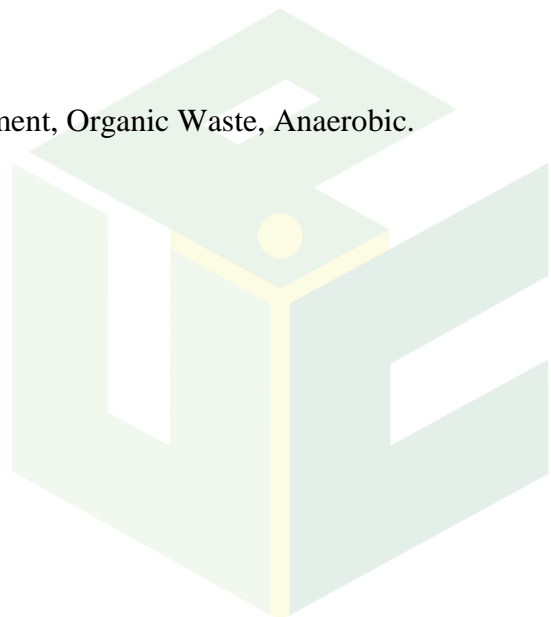
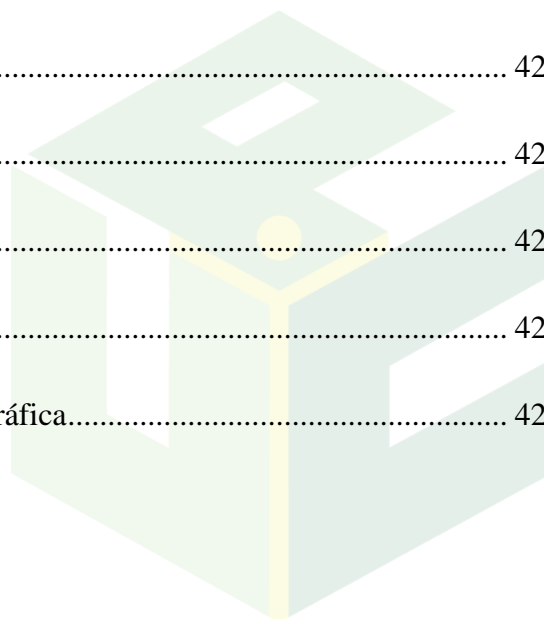


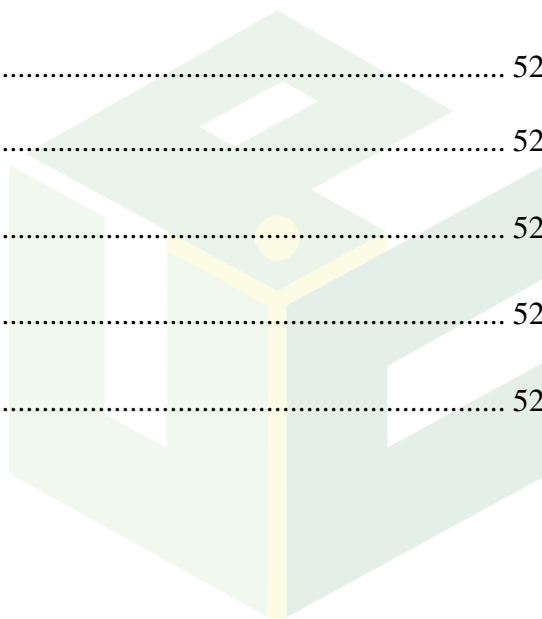
Tabla de contenido

1.	Introducción	13
2.	Planteamiento Del Problema.....	15
	Contaminación Ambiental:	15
	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	15
	Desperdicio de Recursos:	15
	Altos Costos de Eliminación:.....	16
3.	Formulación De Problema	17
4.	Justificación	18
	Impacto económico:	18
	Beneficio ambiental:	19
	Relevancia social:.....	19
5.	Objetivos	20
	5.1 Objetivos General.....	20
	5.2 Objetivos Específicos.....	20
6.	Marco De Referencia	21
	6.1 Antecedentes De La Investigación.....	21
	6.1.1 Antecedentes Internacionales.....	22
	6.1.2 Antecedentes Nacionales.	23

6.2	Marco Teórico	25
6.2.1	Residuos Solidos	25
6.2.2	Estiércol.....	25
6.2.3	Composición del Estiércol	26
6.2.4	Biogás.....	27
6.2.5	Biodigestor	28
6.2.6	Tipos de Biodigestor	33
6.3	Diseño y Cálculo De Un Biodigestor.....	36
6.4.	Marco Conceptual	41
6.4.1	Biodigestor.....	41
6.4.2	Biogás.....	41
6.4.3	Digestión Anaeróbica.....	41
6.4.4	Residuos Orgánicos.....	41
6.4.5	Fermentación.....	42
6.4.6	Reactores del Biodigestor.....	42
6.4.7	Carga Orgánica.....	42
6.5	Marco Contextual.....	42
6.5.1	Caracterización y Descripción Geográfica.....	42



6.5.2 Aspectos de Contextualización Locativa	43
6.5.6 Representación Espacial y Geográfica.....	44
6.6. Marco Legal	45
6.6.1 Permisos y Licencias:.....	47
6.6.2 Normativas Sanitarias:	47
6.6.3 Impuestos y Beneficios Fiscales:	47
6.7. Marco Institucional	47
6.7.1 Misión.	48
6.7.2 Visión.	48
6.7.3 Políticas	49
6.7.4 Objetivos	49
6.7.5 Valores	50
6.7.6 Portafolio de productos y servicios	50
7. Marco Metodológico.....	52
7.1 Tipo de investigación:.....	52
7.1.1 Según su objetivo.	52
7.1.2 Según el tipo de datos.	52
7.1.3 Según la manipulación de variables.	52



7.1.4 Según la temporalidad.....	53
7.2 Población y Muestra:.....	53
7.2.1 Fuentes de recolección:	53
7.3 Fases Metodológicas:	54
7.3.1 Fase 1. Diagnosticar los residuos biológicos generados por el bovino en la finca Santa Bárbara.	54
7.3.2 Fase 2. Realizar un diseño detallado y dimensionar un biodigestor anaeróbico adecuado para la gestión sostenible de los desechos orgánicos en la finca Santa Bárbara ..	54
7.3.3. Fase 3 Promover la sostenibilidad y la gestión responsable del residuo.	55
8. Resultados y Análisis.....	56
8.1. Fase 1. Diagnostico.	56
8.1.1. Actividad 1. Diagnóstico de desecho orgánico.	56
8.1.2 Actividad 2. Disposición Final.....	65
8.2. Fase 2. Diseño adecuado para la gestión sostenible de los desechos orgánicos ...	66
8.2.1 Diseño Biodigestor Anaeróbico.	67
8.2.1.1 Parámetros iniciales	68
8.3 Fase 3. Promoción de la sostenibilidad mediante estrategias de sensibilización....	87
9. Conclusiones	90
10. Recomendaciones	91

11. Bibliografía 92



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Biodigestor de Flujo Continuo	33
Figura 2. Biodigestor flujo discontinuo	34
Figura 3. Biodigestor flujo semicontinuo.	35
Figura 4. Estructura De Un Biodigestor.....	36
Figura 5. Vista Satelital de Aracataca.....	44
Figura 6. Vista Satelital de la Finca Santa Barbara.....	44
Figura 7. Organigrama de Agrosolman SAS	51
Figura 8. <i>Bovinos de la finca</i>	57
Figura 9. Excremento del Bovino	58
Figura 10. Recolección Excremento.	58
Figura 11. Toma de pH del Bovino.	60
Figura 12. Humedad del Excremento	62
Figura 13. Balanza y Envase de 1 litro vacío.....	70
Figura 14. Pesaje del envase vacío y recolección de estiércol.....	71
Figura 15. Peso del estiércol	72
Figura 16. Esquema de la fosa del biodigestor	81
Figura 17. Esquema de las cajas de registro.	83
Figura 18. Diseño Biodigestor Anaeróbico	85
Figura 19. Folleto Sensibilización	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición del estiércol en diferentes animales	26
Tabla 2. Composición química promedio del biogás.....	28
Tabla 3. Generación del biogás de acuerdo al tipo de sustrato	30
Tabla 4. Rango de temperatura y tiempo de fermentación Anaeróbica.....	31
Tabla 5. Rango de pH.....	32
Tabla 6. Marco Normativo	45
Tabla 7. Producción promedio del estiércol.....	68
Tabla 8. Relación entre Temperatura de Trabajo, Tiempo de Retención y Producción de Biogás para Estiércol de Vaca Fresco.....	73
Tabla 9. Valores de porcentaje de solidos totales y solidos volátiles	77
Tabla 10. Resumen de cálculos	80



9. Conclusiones

La fase del diagnóstico de los residuos biológicos generados por el ganado bovino en la finca Santa Bárbara permitió identificar áreas de mejora y representa un paso crucial hacia la implementación de prácticas sostenibles y responsables en la gestión de estos desechos. La realización de un muestreo detallado para evaluar, el pH y la humedad de los residuos, junto con la obtención de información visual del manejo actual del estiércol en la finca, proporciona una base sólida para el diseño del biodigestor anaeróbico.

Finalmente, la conciencia medioambiental desempeña un papel crucial en este proceso al impulsar el desarrollo de hábitos responsables en la gestión de residuos. En el caso específico de la finca Santa Bárbara, la capacitación del personal mediante la distribución de folletos informativos garantizó que adquirieran las habilidades y conocimientos necesarios para desempeñarse eficientemente en la gestión de residuos e implementación y uso del biodigestor



10. Recomendaciones

Partiendo del desarrollo investigativo, del diagnóstico y las soluciones propuestas se plantean las siguientes recomendaciones:

Implementar la construcción del biodigestor anaeróbico de manera eficiente y efectiva

Continuar con la capacitación y sensibilización del personal sobre la importancia de la gestión responsable de residuos y el uso eficiente del biodigestor. Esto garantizará que todos los empleados estén debidamente preparados para desempeñar sus funciones de manera eficiente y responsable.

Establecer un sistema de monitoreo y evaluación periódica para verificar la eficacia de las medidas implementadas. Esto permitirá identificar áreas de mejora y realizar ajustes según sea necesario para optimizar el funcionamiento del biodigestor y la gestión de residuos en general.

Fomentar prácticas sostenibles en todas las actividades de la finca, no solo en la gestión de residuos. Esto puede incluir el uso responsable de recursos naturales, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y la minimización de impactos ambientales en general.



11. Bibliografía

agroindustria, S. d. (2019). *GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICA*. Obtenido de

file:///C:/Users/julio/Downloads/2019_Marti-

HerreroBiodigestoresTubularesguiadediseoymanualdeinstalacion.pdf

Arrieta Palacios, W. J. (2016). *ALICIA*. Obtenido de ALICIA: <https://hdl.handle.net/11042/2575>

Atabal, F. (22 de 01 de 2019). *cartonajes-malaga*. Obtenido de cartonajes-malaga:

<https://www.cartonajes-malaga.com/es/calcular-volumen->

[caja/#:~:text=Volumen%20=%20Largo%20x%20Ancho%20x,veces%20ese%20n%C3%](https://www.cartonajes-malaga.com/es/calcular-volumen-caja/#:~:text=Volumen%20=%20Largo%20x%20Ancho%20x,veces%20ese%20n%C3%BAmero%20entre%20s%C3%AD)

[BAmero%20entre%20s%C3%AD](https://www.cartonajes-malaga.com/es/calcular-volumen-caja/#:~:text=Volumen%20=%20Largo%20x%20Ancho%20x,veces%20ese%20n%C3%BAmero%20entre%20s%C3%AD)

BBVA. (s.f.). Obtenido de [https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-biogas-como-se-](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-biogas-como-se-obtiene-y-para-que-se-utiliza/)

[obtiene-y-para-que-se-utiliza/](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-biogas-como-se-obtiene-y-para-que-se-utiliza/)

bioguia. (s.f.). Obtenido de bioguia.:

https://www.bioguia.com/innovacion/biodigestores_29295392.html

Blogpost. (Abril de 2018). Obtenido de

[http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-](http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html#:~:text=o%20Dise%C3%B1o%20Experimental.-)

[la-investigacion_21.html#:~:text=o%20Dise%C3%B1o%20Experimental.-](http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html#:~:text=o%20Dise%C3%B1o%20Experimental.-)

[,Seg%C3%BAAn%20el%20autor%20\(Fidias%20G.,se%20producen%20\(variable%20dep](http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html#:~:text=o%20Dise%C3%B1o%20Experimental.-)

[endiente\)](http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html#:~:text=o%20Dise%C3%B1o%20Experimental.-)



Castro, J. A. (2019). *repository*. Obtenido de repository:

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5492/TESIS%20JOSE%20OTAPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

chavez, T. P. (s.f.). *researchgate.net*. Obtenido de researchgate.net:

https://www.researchgate.net/publication/344025543_ELABORACION_DE_UN_BIODIGESTOR_PILOTO_TUBULAR_PARA_LA_PRODUCCION_DE_BIOGAS_A_PARTIR_DE_ESTIERCOL_DE_GANADO_VACUNO_EN_UNA_VIVIENDA_DE_LA_COMUNIDAD_DE_TEMBO

corpamag.gov.co. (07 de 08 de 2002). Obtenido de corpamag.gov.co:

https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto1713_20020806.htm

Dankhe. (1989). *Investigación y Comunicación*. Ciudad de México: Mc. Graw Hills.

disambiental. (s.f.). Obtenido de disambiental: [https://www.disambiental.com/productos-](https://www.disambiental.com/productos-biodigestores_tipo_laguna.html#Cont)

[biodigestores_tipo_laguna.html#Cont](https://www.disambiental.com/productos-biodigestores_tipo_laguna.html#Cont)

Driessnack, M. S. (2007). Revisión de los diseños de investigación relevantes para la enfermería:

parte 3: métodos mixtos y múltiples. . *Revista Latinoamericana de Enfermagem*,, 179-

182. Obtenido de scielo: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n5/es_v15n5a24.pdf

dspace.espace.edu.ec. (s.f.). Obtenido de dspace.espace.edu.ec: chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123](http://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4810/1/236T0153.pdf)

[456789/4810/1/236T0153.pdf](http://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4810/1/236T0153.pdf)

duroagro. (s.f.). Obtenido de duroagro: <https://duroagro.es/cual-es-el-mejor-tipo-de-estiercol/>

Esther Nayive Gomez Lopez, J. S. (2017). *repository*. Obtenido de repository:

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a574fad-f360-4f2a-a11e-fbaa247bbdc5/content>

Funcion Publica . (s.f.). Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72953>

Funcion Publica . (s.f.). Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77887>

Google maps. (s.f.). Obtenido de

<https://www.google.com/maps/place/Santa+Barbara,+Aracataca,+Magdalena/@10.598924,-74.1666251,18z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8ef50b1ecdbaf079:0x2368a6522efdbc0a!8m2!3d10.6!4d-74.16664!16s%2Fg%2F1hhwsxxgs?entry=ttu>

GOV. (s.f.). Obtenido de

https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0844_2018.htm

GrowMax, B. (2018 de 02 de 2020). *growmaxwater.com*. Obtenido de growmaxwater.com:

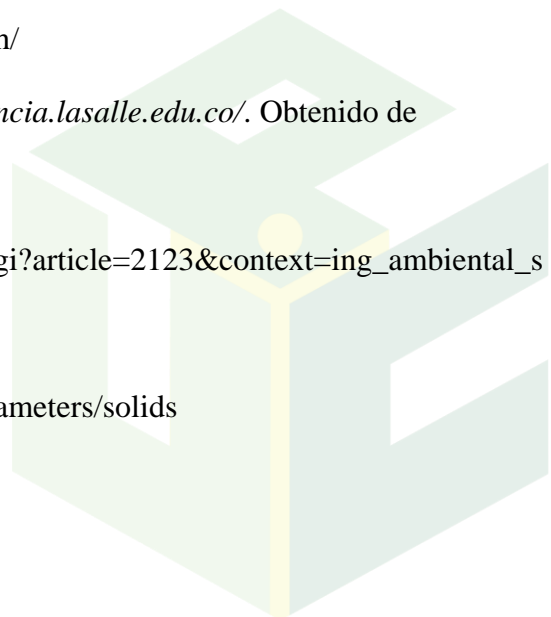
<https://growmaxwater.com/blog/es/que-es-el-ph/>

Guayazan, Brandon Danilo Arenas. (2019). <https://ciencia.lasalle.edu.co/>. Obtenido de

<https://ciencia.lasalle.edu.co/>:

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2123&context=ing_ambiental_sanitaria

hach. (s.f.). Obtenido de hach: <https://es.hach.com/parameters/solids>



Hernandez, J. (23 de 08 de 2021). *minsalud.gov.co*. Obtenido de *minsalud.gov.co*:

<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-comprometido-con-la-calidad-del-aire-.aspx>

Hernández, R. F. (17 de 9 de 2017). *investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com*. Obtenido de *investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com*:

<https://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html>

Herrera. (2019). Obtenido de

https://drive.google.com/file/d/1k_cLTkcydoK0idHMO_4Ov9OITAdSKoIq/view

Herrero, J. M. (29 de 10 de 2019). *beegroup.cimne.com*. Obtenido de *beegroup.cimne.com*: 2019

Herrero, J. M. (2019). Biodigestores tubulares. Obtenido de

https://drive.google.com/file/d/1k_cLTkcydoK0idHMO_4Ov9OITAdSKoIq/view

IDAE. (s.f.). Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>

IDAE. (15 de 06 de 2022). Obtenido de IDAE: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>

IDEAM. (s.f.). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>

ingenieria. (s.f.). Obtenido de *ingenieria*: <https://www.eg-ingenieria.com.ar/biodigestores-desplazamiento-horizontal.html>



IQR. (05 de 2020). Obtenido de <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/05/que-es-un-biodigestor.html>

López-Savran, A. (2018). *redalyc.org*. Obtenido de *redalyc.org*:

<https://www.redalyc.org/journal/2691/269158212010/html/>

Martínez-Reyes Vera-Romero Iván¹, E.-J. M.-S. (2013). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 429-436. Obtenido de *scielo.org.mx*.

Minagricultura . (s.f.). Obtenido de

[https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-](https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/Modificaciones-Decreto-1071-de-2015.aspx#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20adiciona%20el%20Decreto%201071%20de%202015,la%20actividad%20de%20la%20acuicultura.)

[2015/Modificaciones-Decreto-1071-de-](https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/Modificaciones-Decreto-1071-de-2015.aspx#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20adiciona%20el%20Decreto%201071%20de%202015,la%20actividad%20de%20la%20acuicultura.)

[2015.aspx#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20adiciona%20el%20Decreto%201071%2](https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/Modificaciones-Decreto-1071-de-2015.aspx#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20adiciona%20el%20Decreto%201071%20de%202015,la%20actividad%20de%20la%20acuicultura.)

[0de%202015,la%20actividad%20de%20la%20acuicultura.](https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/Modificaciones-Decreto-1071-de-2015.aspx#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20adiciona%20el%20Decreto%201071%20de%202015,la%20actividad%20de%20la%20acuicultura.)

Ministerio de Energía . (s.f.). Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fnccer/#:~:text=La%20Ley%201715%20de%202014,y%20no%20se%20comercializan%20ampliamente.)

[no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fnccer/#:~:text=La%20Ley%201715%20de%202014,y%20no%20se%20comercializan%20ampliamente.)

[fnccer/#:~:text=La%20Ley%201715%20de%202014,y%20no%20se%20comercializan%2](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fnccer/#:~:text=La%20Ley%201715%20de%202014,y%20no%20se%20comercializan%20ampliamente.)

[0ampliamente.](https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fnccer/#:~:text=La%20Ley%201715%20de%202014,y%20no%20se%20comercializan%20ampliamente.)

Ministerio de Minas y Energías . (s.f.). Obtenido de

[http://apollo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c](http://apollo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191)

[4474f05258243005a1191](http://apollo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191)

NCAT. (2015). *Estiércol en Sistemas de Producción Orgánica*. Centro Nacional de Tecnología .



Olaya, Y. (2006). *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de repositorio.unal.edu.co:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10762/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf>

Olaya, Y. (07 de 2009). *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de repositorio.unal.edu.co:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10762/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf?sequence=1>

ONU. (s.f.). *Naciones Unidas* . Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>

ONU, N. (2006). La ganadería produce más gases contaminantes que el transporte. *news.un.org*, 1.

Osorio, U. R. (2021). *Ecología verde* . Obtenido de

<https://www.ecologiaverde.com/fermentacion-que-es-tipos-y-ejemplos-3692.html>

PUCP. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://files.pucp.education/facultad/educacion/wp-content/uploads/2022/04/28145648/GUIA-INVESTIGACION-DESCRIPTIVA-20221.pdf>

Reyes. (2019). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Obtenido de

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v8n1/v8n1a10.pdf>

Salinas Jiménez, A. (s.f.). *repositorioinstitucional*. Obtenido de repositorioinstitucional:

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/06308fcb-60ce-4812-b842-eb76ee1ac0b>

Salud, O. P. (2018). *paho.org*. Obtenido de paho.org: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas->

Toala Moreira, E. E. (4 JULIO 2014). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Torres-Martínez, Á. G.-L.-R. (2017). *redcol.minciencias*. Obtenido de redcol.minciencias:
https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UCATOLICA2_d863eee25de48a464510481d07d41d04

Verdezoto del Salto, L. V. (06 de 2023). Implementación de biodigestores tubulares anaeróbico.
TESLA.

Zamudio , G., & Gomez Aguilar, J. S. (2021). *repository*. Obtenido de repository:
https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/14057/2021_Tesis_Guillermo_Zamudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

