

Alternativas de sostenibilidad ambiental

para comunidades en el departamento de Córdoba

Jorge Villadiego Lorduy
Compilador



Universidad
Pontificia
Bolivariana

338.162
A466

Villadiego Lorduy, Jorge, compilador
Alternativas de sostenibilidad ambiental para comunidades en el departamento de Córdoba /
Jorge Villadiego Lorduy – 1 edición – Medellín: UPB, 2020.
145 páginas, 16.5x23.5 cm.
ISBN: 978-958-764-908-6 (Versión digital)

1. Sostenibilidad ambiental -- Córdoba (Colombia) – 2. Agroecología -- Córdoba
(Colombia) – I. Título

CO-MdUPB / spa / rda
SCDD 21 / Cutter-Sanborn

© Autores varios
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Alternativas de sostenibilidad ambiental para comunidades en el departamento de Córdoba

ISBN: 978-958-764-908-6 (versión digital)
DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-908-6>
Primera edición, 2020
Escuela de Ingenierías y Arquitectura
Grupo de Investigación en Calidad de aguas, modelamiento hídrico y ambiental, CAMHA.
Environment & Technology Foundation. Grupo de Investigación: Gestión ambiental. Proyecto: Acciones para la gestión y la sostenibilidad ambiental territorial: Casos del departamento de Córdoba y la región Caribe.

Arzobispo de Medellín y Gran Canciller UPB: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Rector Seccional Montería: Pbro. Jorge Alonso Bedoya Vásquez

Vicerrector Académico Sede Medellín: Álvaro Gómez Fernández

Vicerrector Académico Seccional Montería: Roger Góez Gutiérrez

Editor: Juan Carlos Rodas Montoya

Gestora Editorial Seccional Montería: Flora del Pilar Fernández Ortega

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diseño y diagramación: Ana Mercedes Ruiz Mejía

Imagen portada: Pixabay

Corrección de Estilo: Delio David Arango

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2020
Correo electrónico: editorial@upb.edu.co
www.upb.edu.co
Telefax: (57)(4) 354 4565
A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 2011-03-08-20

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Capítulo 6.

Modelo de biodigestores para la producción porcina en la granja La Nueva Gloria

Iván Sepúlveda Calderín³⁰

Julio Hernández González³¹

Rubén Sepúlveda Vargas³²

Humberto Tejada Bustos³³

Daniel Espinosa Corrales³⁴

Carlos Wilches Bonilla³⁵

Resumen

El presente trabajo describe los beneficios de un modelo de biodigestor para la gestión de excreta de la producción porcina en la granja La Nueva Gloria ubicada en la vereda Suárez del municipio de Ciénaga de Oro, Córdoba. Se realizó una revisión documental de las normas ISO 14.001 y de la teoría de la gerencia ambiental, donde se evidenció las bondades del modelo PHVA para las actividades de mejoramiento de calidad ambiental en el contexto empresarial. Los resultados indican que la tecnología de biodigestores ofrece una gama de

30 Administrador de empresas, Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. Correo: Ivandarios200@hotmail.com.

31 Estudiante de Economía, Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. Correo: julio.rhg17@gmail.com.

32 Magíster en Economía y doctor en Ciencias Sociales. Docente investigador programa de Economía, Universidad Pontificia Bolivariana, de Montería. Correo: ruben.sepulveda@upb.edu.co.

33 Administrador de empresas, Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. Correo: humbertotejadab@gmail.com

34 Director del programa de Ingeniería Mecánica. Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería. Correo: daniel.espinosac@upb.edu.co

35 Docente investigador Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería. Correo: carlos.wilches@upb.edu.co

beneficios sociales, económicos y ambientales que aportan a que la producción y el desarrollo organizacional sean más sostenibles.

Palabras clave: gerencia ambiental; modelos de gestión ambiental; modelo PHVA; desarrollo sostenible.

Abstract

The present work describes the benefits of a biodigester model for the management of excreta from pig production in the Granja la Nueva Gloria located in the Suárez district of the municipality of Ciénaga de Oro Córdoba. A documentary review of the ISO 14.001 standards and of the theory of environmental management was carried out, where the benefits of the PDCA model for environmental quality improvement activities in the business context were evidenced. The results indicate that biodigester technology offers a range of social, economic and environmental benefits that contribute to making production and organizational development more sustainable.

Key words: environmental management; environmental management models; PDCA model; sustainable development.

6.1 Introducción

Debido al inminente deterioro ambiental a través de los años, las personas se han venido interesando cada vez más en el desarrollo de una economía sostenible que permita el bienestar de todas las partes. Las economías porcicultoras no han sido la excepción, en especial en el tema de residuos sólidos orgánicos, ya que, por la naturaleza de los cerdos, se generan desechos que de no ser bien gestionados pueden causar impactos sociales, económicos y ambientales negativos.

El presente trabajo surge de la necesidad de la granja La Nueva Gloria de realizar un mayor apoyo al tema ambiental, social y económico, con el propósito final de impulsar los mercados de cerdos, mejorar el desempeño ambiental organizacional y disminuir los impactos derivados de las excretas en la producción porcina. Por lo anterior, el presente trabajo analizó los modelos de gestión de excretas porcina a través de los fundamentos de la gerencia ambiental con el fin de iniciar una producción con orientación ecológica en la granja La Nueva Gloria ubicada en el municipio de Ciénaga de Oro, Córdoba.

Así se ha decidido tomar una granja porcícola llamada La Nueva Gloria, ubicada en el sector de Ciénaga de Oro, Córdoba, la cual presenta un sistema de producción a pequeña escala y tradicional, donde se presenta una inadecuada gestión ambiental e informalidad en sus procesos. La gestión de los residuos orgánicos se ha convertido en un problema de alto impacto, los desechos generados en la granja desembocan en un caño o afluente de agua aledaño a otras fincas agrícolas, pasando a ser no solo una problemática ambiental y productiva sino también una social.

Lo anterior genera malos olores, cambios en la composición del agua e impactos medioambientales, es por esto que dentro de todas las problemáticas anteriormente expuestas tomaremos como punto de partida la última asociada a la gestión de excretas sólidas y líquidas en este caso aplicada en la región de Córdoba, específicamente en la finca llamada La Nueva Gloria con el fin de disminuir los impactos ambientales relacionados con la producción porcina.

6.2 Marco teórico

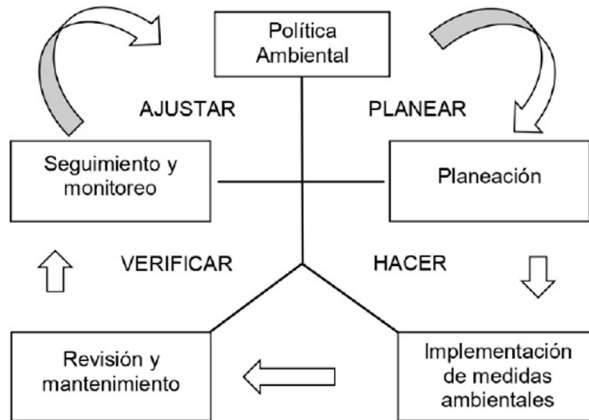
La gestión ambiental ha avanzado notablemente en la América Latina y el Caribe en la última década, particularmente después de haberse celebrado la Conferencia de Río de Janeiro sobre medio ambiente y desarrollo. Existe una mayor conciencia y responsabilidad pública sobre los problemas ambientales y se cuenta con una mejor comprensión de las complejas relaciones existentes entre medio ambiente y desarrollo, hecho que se refleja en la ampliación de la agenda ambiental que paulatinamente ha ido permeando hacia los diversos sectores de la actividad económica, social y política de los países (Rodríguez y Espinoza, 2002).

La gestión ambiental puede ser abordada bajo diversas perspectivas y con diferentes escalas. Por ejemplo, se puede centrar en el ámbito rural o urbano, en una política específica (ejemplo: contaminación del aire de un centro urbano, etc.), en una amenaza ambiental global (ej. impacto de emisiones sobre el calentamiento de la tierra, etc.), en el impacto ambiental de una actividad económica específica (minería, energía, agricultura, etc.), o en la conservación y uso sostenible de un recurso estratégico (bosques, aguas, etc.).

La gestión ambiental, por lo tanto, puede ser abordada a distintos niveles de gobierno (federal o central, provincial o estatal, municipal, etc.), o de grupos del sector privado en su concepción amplia, o en diversos ámbitos territoriales (global, regional, subregional, nivel metropolitano, ciudades, barrios, poblados, cuencas hidrográficas, etc.) (Rodríguez y Espinoza, 2002). De acuerdo con Icontec (2015) un sistema de gestión de calidad ambiental (SGAC) se basa principalmente en la normas ISO 14001, la cual proporciona a las organizaciones un marco de referencia para proteger el ambiente y responder oportunamente a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas a través del modelo PHVA, planear, hacer, verificar y actuar propuesto originalmente por Edwards Deming.

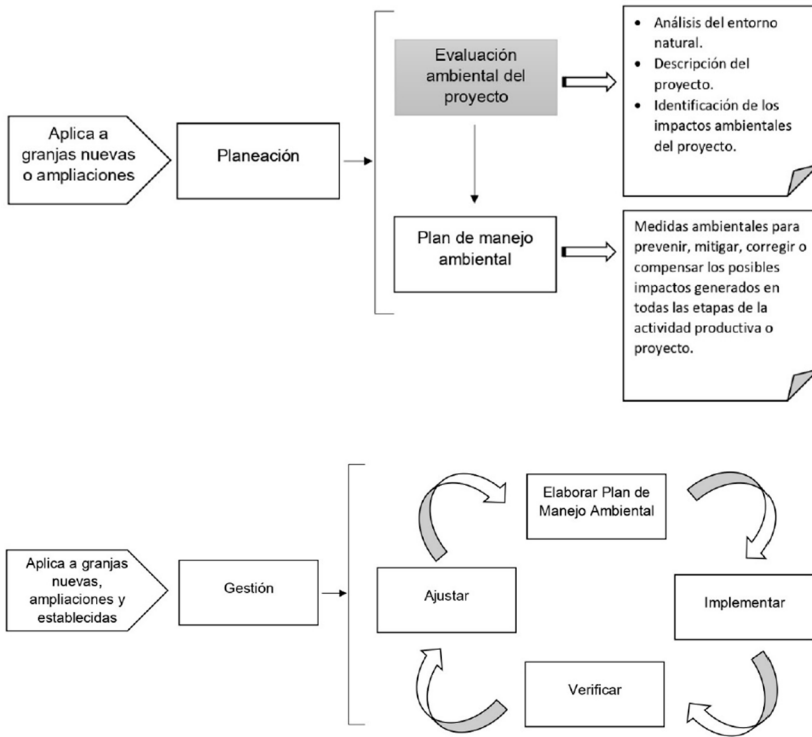
En las figuras 42 y 43 se muestra el esquema para el diseño de un modelo de gestión ambiental a partir de las regulaciones definidas por las autoridades competentes o la autoridad ambiental de la empresa, si existe.

Figura 42. Esquema de gestión ambiental



Fuente: Asociación Colombiana de Porcicultores (2002).

Figura 43. Planeación y gestión de un sistema productivo



Fuente: ACP (2002).

6.3 Metodología

Apoyado en el enfoque metodológico cualitativo, con método de análisis documental, se realizó revisión de literatura de textos y artículos científicos de la gerencia ambiental orientada a la gestión de excretas. Además, se consultó la norma ISO 14.001 para comprender los temas de mejoramiento continuo en el contexto organizacional, apoyado en las nociones del modelo PHVA. Dentro de los instrumentos utilizados se señala las fichas bibliográficas y de contenido para la organización de la información recolectada. Revisada las bondades teóricas del modelo de gestión de excretas a través de biodigestores, se procedió a ajustar este al esquema del PHVA propuesto por las ISO 14.001, la cual brinda

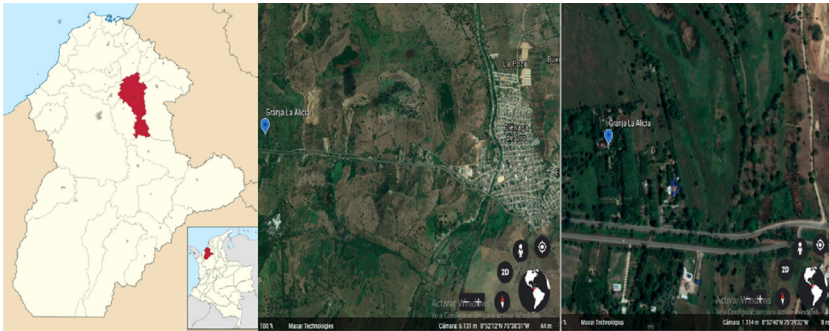
los lineamientos esenciales para realizar una correcta implementación de un sistema de gestión ambiental en las empresas, empezando con el diagnóstico organizacional se desarrolló visita de campo donde se realizaron entrevistas abiertas a el dueño de la empresa y al operario porcícola de la granja, sin omitir a especialistas del tema porcícola.

6.4 Resultados y discusión

6.4.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la granja La Nueva Gloria perteneciente a la vereda Suárez del municipio de Ciénaga de Oro, departamento de Córdoba, entre las coordenadas $8^{\circ}52'57''$ N y $75^{\circ}39'20''$ W (figura 44).

Figura 44. Ubicación geográfica área de estudio



Fuente: Google Earth, 2019.

6.4.2 Modelo de gestión ambiental por biodigestores

La biomasa se refiere a la materia orgánica que se genera de los procesos naturaleza del ecosistema como lo es la vegetación y los desechos naturales tanto de animales como de plantas. Es a través de un proceso bioquímico anaerobio (en ausencia de oxígeno) que esta biomasa tiene la capacidad de transformar cierto porcentaje de este en biogás (Olaya y González, 2009; Julca, Meneses, Blas y Bello, 2006). Es una mezcla de gas producido por

bacterias metanogénicas que transforman este material en determinadas condiciones, donde se genera una composición de metano (60 % a 80 %), dióxido de carbono (30 % a 40 %) de dióxido de carbono y entre otros gases (nitrógeno, ácido sulfhídrico, monóxido de carbono e hidrógeno) (Arévalo y Zambrano, 2007; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011). Es entonces la digestión anaeróbica un proceso donde se degrada el sustrato generando biogás y además generando un efluente que puede ser reutilizado, agregando a lo anterior el biodigestor es un sistema de trata de residuos orgánicos el cual tiene como objetivo la utilización de estos últimos para la generación de un valor agregado a partir de estos y con esto mitigando el impacto ambiental de la producción porcina.

Dentro de los biodigestores, y a lo largo de los años, han surgido diferentes metodologías de implementación y métodos que varían por los materiales, costos, dimensiones, formas de tratamientos, entre otros factores, dependiendo de las características del momento y del entorno. Para este caso de estudio, se decidió que el tipo de biodigestor mejor adaptable para la situación de la granja es el de tipo Taiwán o de balón de plástico, es continuo y de estructura flexible, el ingreso a este no se interrumpe gradualmente y se puede ajustar a los requerimientos del implicado (Fundacion Hábitat, 2005; Olaya y Gonzales, 2009; Arrieta, 2016), se señala que este surgió alrededor del año 1960 en Taiwán. Hacia el año 1986 se comenzó a divulgar este sistema por el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (Cipav) el cual ya utilizaba polietileno como material base para la construcción de estos.

Según la ACP (2002) los materiales necesarios para la construcción de un biodigestor son los siguientes; polietileno tubular o geomembranas, tubos cerámicos, tubos PVC, adaptadores PVC, lavanderas de caucho, *perspex*, neumáticos de bicicleta, botella de plástico transparente, codos PVC, tubo de cemento PVC, cemento y materiales para protección según se prefiera. Con base a lo anterior y a lo expuesto en las bases teóricas, en la tabla 9 se describen los aspectos relevantes para el tratamiento de excretas en la producción porcina apoyado en el PHVA para biodigestores.

Tabla 9. PHVA de Biodigestores

PLANEA		Impacto directo negativo sobre recursos naturales que lo rodean.										
	Impactos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Agua: eutrofización, disminución del oxígeno en el agua, contaminación por componentes químicos, cont. Por elevado nitrógeno aguas subterráneas. • Suelo: colmatación de los poros, degradación estructural, desarrollo de microorganismos patógenos • Aire: emisiones de amoniaco y metano, efecto invernadero, expulsión de polvo orgánico, malos olores. 										
	Aspecto legal y política organizacional	<p>Aspecto legal: seguimiento a normas ambientales ya estipuladas y control de parámetros según la Resolución 0631 del 2015, y en caso de reúso del material líquido, debe seguirse por los parámetros de la Resolución 1207 de 2014 y en biosólidos 1287 de 2014</p> <p>Políticas: interés primordial de la empresa con armonizar la producción y el ambiente.</p>										
	Objetivos y metas	<p>Objetivo: implementar modelo de gestión para una producción sostenible, donde se eviten en una gran proporción los impactos ambientales de las excretas y estas puedan ser reutilizadas para biogás y efluente para riego.</p>										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Metas:</th> <th style="width: 50%;">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M1: disminución de la materia orgánica excretada contaminante del 30 % en un plazo de seis meses.</td> <td> <p>I1:</p> $\frac{\text{Excreta expulsada final} - \text{excreta expulsada inicial}}{\text{Excreta expulsada inicial}} \times 100$ </td> </tr> <tr> <td>M2: en un plazo de seis meses, cumplir por lo menos el 30 % de los parámetros de vertimiento aprobados según la norma.</td> <td> <p>I2:</p> $\frac{\text{Parametros aprobados}}{\text{Total de parametros}} \times 100$ </td> </tr> <tr> <td>M3: en un plazo de doce meses, se hayan cumplido a cabalidad el marco legal que rige esta práctica.</td> <td> <p>I3:</p> $\frac{\text{Nº total de normatividad por cumplir}}{\text{Total de normatividad ambiental}} \times 100$ </td> </tr> <tr> <td>M4: producción de biogás utilizable, que contribuya la disminución de los costos de la compra de gas en la granja en un 20 %, dentro de seis meses.</td> <td> <p>I4:</p> $\frac{\text{Consumo final de gas} - \text{consumo inicial de gas}}{\text{Consumo inicial de gas}} \times 100$ </td> </tr> </tbody> </table>	Metas:	Indicadores	M1: disminución de la materia orgánica excretada contaminante del 30 % en un plazo de seis meses.	<p>I1:</p> $\frac{\text{Excreta expulsada final} - \text{excreta expulsada inicial}}{\text{Excreta expulsada inicial}} \times 100$	M2: en un plazo de seis meses, cumplir por lo menos el 30 % de los parámetros de vertimiento aprobados según la norma.	<p>I2:</p> $\frac{\text{Parametros aprobados}}{\text{Total de parametros}} \times 100$	M3: en un plazo de doce meses, se hayan cumplido a cabalidad el marco legal que rige esta práctica.	<p>I3:</p> $\frac{\text{Nº total de normatividad por cumplir}}{\text{Total de normatividad ambiental}} \times 100$	M4: producción de biogás utilizable, que contribuya la disminución de los costos de la compra de gas en la granja en un 20 %, dentro de seis meses.	<p>I4:</p> $\frac{\text{Consumo final de gas} - \text{consumo inicial de gas}}{\text{Consumo inicial de gas}} \times 100$
	Metas:	Indicadores										
M1: disminución de la materia orgánica excretada contaminante del 30 % en un plazo de seis meses.	<p>I1:</p> $\frac{\text{Excreta expulsada final} - \text{excreta expulsada inicial}}{\text{Excreta expulsada inicial}} \times 100$											
M2: en un plazo de seis meses, cumplir por lo menos el 30 % de los parámetros de vertimiento aprobados según la norma.	<p>I2:</p> $\frac{\text{Parametros aprobados}}{\text{Total de parametros}} \times 100$											
M3: en un plazo de doce meses, se hayan cumplido a cabalidad el marco legal que rige esta práctica.	<p>I3:</p> $\frac{\text{Nº total de normatividad por cumplir}}{\text{Total de normatividad ambiental}} \times 100$											
M4: producción de biogás utilizable, que contribuya la disminución de los costos de la compra de gas en la granja en un 20 %, dentro de seis meses.	<p>I4:</p> $\frac{\text{Consumo final de gas} - \text{consumo inicial de gas}}{\text{Consumo inicial de gas}} \times 100$											

M5: el efluente descontaminado contribuya en un 30 % a la fertilización y riego de plantas y cultivos del sector, en un plazo de un año.

I5:

$$\frac{\text{Costos evitados en fertilizantes}}{\text{Gastos en fertilizante total}} \times 100$$

$$\frac{\text{Consumo final de agua} - \text{consumo inicial de agua}}{\text{Consumo inicial de agua}} \times 100$$

Programa de gestión

- Biodigestor de tipo taiwanés o de balón de plástico:
1. Formalización de la intención de implementar un MGA por medio de biodigestores.
 2. Asesoría o contratación de personal experto en realización de biodigestores y trata de excretas orgánicas.
 3. Caracterización de factores ambientales:
 - a) PH: 6,6 a 7,6 dentro del biodigestor
 - b) Relación Alcalinidad - AGV: entre 0,2 - 0,4.
 - c) Temperatura: 30 °C a 35 °C si varía la temperatura el tiempo de retención cambia.
 - d) Nutrientes: relación apropiada de DBO/N/P de 100/5/1.
 - e) Toxicidad: tratar de separar residuos químicos de residuos orgánicos.
 - f) Nivel de carga: carga de materia orgánica fresca y descargue de manera continua. En porcinos 4 kg por cada 100 kg del peso del animal.
 - g) Tiempo de retención: en porcinos 35 °C con un TR de 21 días genera 90 % de gas.
 - h) Relación carbono nitrógeno: relación C/N alta, es decir, un DBO mayor a 1000mg/l
 4. Medición de parámetros críticos para la construcción de un biodigestor.

Estiércol disponible, en cerdos 4 kg por cada 100 kg

 - a) Tiempo de retención de sólidos
 - b) Proporción de la carga 1:4 estiércol-agua respectivamente
 - c) Volumen del biodigestor normalmente 75 % fase líquida y 25 % gaseoso
 - d) Producción de biogás y biofertilizante, en cerdos 51 L de biogás por día por cada kilo de estiércol fresco y para este clima, 25 días de retención para el fertilizante
 - e) Retención de lodos viables dentro del reactor
 - f) Contacto entre el lodo y el sustrato
 - g) Velocidad de reacción
 - h) Transferencia de masa
 5. Etapa de diseño y cálculo
 - a) Producción de heces y orina
 - b) Cantidad de agua a mezclar, relación 1:4 o en su defecto 1:2
 - c) Cálculo del volumen del biodigestor, dependiendo de la cantidad de excreta y sumándole el 25 % de componente gaseoso y añadiendo 30 % por posibles cambios en la cantidad de excreta.
 - d) Cálculo de la longitud
 - e) Cálculo de tamaño de fosa
 - f) Cálculo del biogás generado

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">PLANEA</p>	<p>Programa de gestión</p>	<ol style="list-style-type: none"> 6. Determinación del espacio a utilizar, normalmente un are de 1m * 10m 7. Composición del terreno: terreno firme, sin ningún material que pueda romper el polietileno. 8. Excavación de la fosa según cálculos realizados 9. Construcción de caja y conexión de tuberías a la entrada y salida del biodigestor 10. Construcción de un invernadero para protección del biodigestor 11. Implemento para medir caudal de agua y de excretas 12. Se procede a la elaboración del biodigestor: <hr/> <p>a) instalación para el sistema de salida del biogás, b) acople del polietileno o geomembranas a las tuberías del biodigestor, c) instalación de tuberías de conducción, d) instalación de válvulas de seguridad , e) construcción de trampa de agua para la impermeabilización, f) instalación del filtro de ácido sulfhídrico, g) instalación del sistema de utilización de biogás, h) instalación de sistema para utilización de efluente, preferiblemente que pase por medio granular para segundo filtrado, i) Se procede al llenado con algún tipo de humo para detectar posibles fugas, y por último j) se procede con el llenado inicial, según la capacidad y proporción indicada.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN</p>	<p>Funciones y responsabilidades</p>	<p>La granja debe asegurarse de que las competencias del personal sean apropiadas al tipo de trabajo. Esta se asegura a través de la educación, formación y experiencia con la que se cuente.</p> <p>Para el manejo diario del biodigestor es necesario una intensidad de por lo menos tres horas.</p> <p>En el caso de estudio, el encargado de las actividades de planeación y administración es el gerente de la empresa, y las actividades operacionales del biodigestor es el operario general, ya que, la intensidad laboral del operario porcícola no le permite este control. En caso de que no haya disponibilidad de tiempo se necesita una nueva contratación.</p> <p>Actividades necesarias:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carga del biodigestor con las aguas residuales diariamente, luego del tiempo de retención inicial (evitar hacer cuando se está lavando la zona productiva por probabilidad de entrada de productos químicos). 2. Constante limpieza de las vías de conducción y cajas de entrada. 3. Seguimiento del caudal entrante al biodigestor, frente a la pérdida del equilibrio orgánico óptimo. 4. Control de los factores cruciales para el desarrollo, dos veces a la semana. 5. Revisión de posibles fugas en el sistema. 6. Remoción de residuales de agua lluvia y otros. 7. Revisión semanal del nivel de agua en la válvula de seguridad.

Recursos necesarios

Recursos necesarios para la implementación del MGE (modelo de gestión de excretas) por biodigestores:

- Infraestructura:
 1. Materiales necesarios para la implementación del modelo, en biodigestores de bajo costo su costo ronda los \$800.000 pesos colombianos.
 2. Terreno y área apropiada para la construcción y manejo del biodigestor
- Sistema de información:
 1. Documentación e instrumentos apropiados para la comunicación interna
 2. Implementos apropiados para la comunicación interna
 3. Contactos externos pertinentes para el desarrollo del modelo
 4. Contacto gremial para colaboración entre productores
 5. Contacto con asesor para el MGE
- Formación:
 1. Asociación con consultoras
 2. Vínculo con el SENA
 3. Capitaciones gremiales
- Tecnología:
 1. Dispositivo móvil
 2. Computador (no necesario)
 3. Software para registro de documentos, como Excel o Word
 4. Impresora
- Financieros:
 1. Recursos económicos necesarios para el desarrollo de la actividad
 2. Efectivo en caja para contingencias
- Operacionales:
 1. Implementos de seguridad, según normas de seguridad y salud en el trabajo
 2. Instrumentos para medir los factores cruciales como:
 - i. Potenciómetro
 - ii. Termómetro
 - iii. Recipiente volumétrico
 - iv. Herramientas para limpieza como recogedor, pala, escoba, guantes, entre otros

IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	Proceso de capacitación	<p>La granja debe asegurarse de que las competencias del personal sean apropiadas al tipo de trabajo. Esta se asegura a través de la educación, formación y experiencia con la que se cuente.</p> <p>Temas de capacitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principios de sistema de gestión ambiental • Ahorro y uso eficiente del agua • Aspectos e impactos ambientales • Marco legal de la porcicultura • Orden y aseo • Bioseguridad animal • Plan de emergencia • Simulacro • Mitigación de riesgos del modelo • Uso del biodigestor • Mantenimiento del biodigestor • Riesgos y posibles inconvenientes del biodigestor 		
	IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	Comunicación interna y externa	Interna	Políticas, objetivos y metas
Interna			Recursos	Presupuesto, actas de reunión
Interna			Peligros, riesgos y controles	Inducción, capacitación
Interna			Funciones, responsabilidades, autoridad y rendición de cuentas	Entrega de la descripción de cargos
Interna			Programas de gestión ambiental	Folletos, capacitación, carteleras
Interna			Procedimientos, programas y planes	Documentos internos, capacitación, charlas
Interna			Resultados de auditoría	Informes de auditoría
Interna			Acciones preventivas y correctiva	Registro de acciones preventivas y correctivas
Interna			Requisitos legales	Registros internos
Interna			Resultados de los indicadores de gestión	Reuniones, charlas
Externa	simulacros	Charla, carta		

Documentación necesaria	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas organizacionales, objetivos y metas • Descripción del alcance del MGE • Manual de funciones organizacional o en su defecto actividades claves por función • Informe de impactos ambientales • Procedimientos en caso de emergencias • Marco legal de la porcicultura • Normas internas de trabajo • Documentación pertinente para el modelo como: <ul style="list-style-type: none"> - Matriz de riesgos operacionales - Documento de cumplimiento de actividades diarias - Documento de seguimiento de parámetros ambientales - Informe de control semanal - Registro de problemas presentados
Controles operacionales	<p>Para el control operacional, el jefe de esta área debe hacer seguimiento constante de las actividades realizadas y mediante el documento de cumplimientos evaluar el desempeño de las operaciones, además debe velar por el registro de los indicadores de gestión ya estipulados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de actividades –diario • Informe de problemas –semanal • Análisis de matriz de riesgo • Monitoreo de parámetros (temperatura, caudal, pH) –semanal • Informe de funcionamiento general y recolección de parámetros totales –seis meses • Análisis anual del sistema y cumplimiento de normativa –anual • Revisión de uso de recursos –semanal • Documentación diaria de producción de biogás • Documentación diaria de producción de fertilizante • Documentación de estado general del biodigestor – diario
Riesgos y respuesta ante emergencias	<p>Se recomienda establecer un programa de preparación de respuesta ante emergencias de acuerdo con la aplicación de la norma GTC 104 de 2009, que permita planificar acciones de prevención y mitigación y dar respuesta a estas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de eficiencia por alta acidez –acciones: <ul style="list-style-type: none"> □ Revisión de fuente del problema, posibles: <ul style="list-style-type: none"> - Cambio excesivo de la carga - Permanencia por largo tiempo sin carga - Presencia de productos tóxicos en la carga - Cambio frecuente de temperatura □ Consulta a jefe encargado □ Posibles respuestas: <ul style="list-style-type: none"> - Adición de agua con cal en la fase líquida - Vaciar el biodigestor - Detener el proceso, para la asimilación

	<p>Riesgos y respuesta ante emergencias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daño en el plástico –acción compra de plástico adecuado: tubular doble, calibre 8 y con protección UV. • Oxidación o ruptura de materiales poco resistentes a la corrosión –compra de materiales a base de acrílico y aluminio. • Fugas de gas –cierre de válvula y posterior corrección • Perforaciones en la bolsa con pequeños hoyos – parchar orificio.
SEGUIMIENTO Y VERIFICACIÓN	<p>Seguimiento continuo</p>	<p>Mediante la recopilación de datos expuestos anteriormente se realiza evaluación de estos y se evalúa si las metas correspondientes están en cumplimiento o en no conformidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementar matrices de seguimiento de acuerdo: • a los planes de acción y actos administrativos • a las políticas y objetivos trazados • llevar a cabo seguimiento de matrices • elaboración de informes de seguimiento
	<p>Cumplimiento de las metas</p>	<p>Chequear las metas previamente establecidas a través del cumplimiento de los indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica excretada • Cumplimiento de parámetros legales • Producción de biogás • Producción de efluente para reúso • Emisión de olores • Capacitaciones
	<p>Identificación de incumplimientos y acciones correctivas</p>	<p>Establecer porcentaje de incumplimiento de las metas previamente trazadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica excretada • Cumplimiento de parámetros legales • Producción de biogás • Producción de efluente para reúso • Emisión de olores • Capacitaciones
	<p>Gestión de registros</p>	<p>Los registros son pertinentes para el constante seguimiento de las actividades realizadas, por lo que se debe mantener registro de los documentos pertinentes para el modelo.</p>
	<p>Auditorías internas</p>	<p>Este procedimiento lleva la evaluación de los procesos productivos que se realizan dentro de la granja, relacionados con el MGE. Implicados: gerencia o jefe encargado, auditor seleccionado.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Programación de la auditoría –anuales. 2. Descripción del perfil del auditor –según competencias adecuadas.

SEGUIMIENTO Y VERIFICACIÓN	Auditorías internas	<p>3. Actividades de la auditoría:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Inicio –preparación de la auditoria, informar al auditado, recolección de documentos, requisitos legales, fecha. b. Preparación –revisión específica de la información recolectada. c. Entrega del plan de auditoria propuesto por la dirección –objetivo y factores a evaluar en un formato correspondiente. d. Reunión de apertura –presentar al auditor y al auditado para posibles mejoras en el plan de auditoría. e. Verificación de la documentación. f. Hallazgos de la auditoría –estos pueden indicar conformidad, observación o no conformidad de acuerdo con los criterios de evaluación. g. Conclusiones –revisión de los hallazgos. h. Reunión de cierre –se presenta y se deja constancia de la auditoria y de los hallazgos realizados con el personal. i. Informe de auditoría. j. Finalización de la auditoria –registrar todo el proceso y guardar el antecedente. k. Seguimiento a la auditoria para planes de mejora.
----------------------------	---------------------	--

ACCIONES DE MEJORA	Revisión periódica de la dirección	<p>La dirección realiza una revisión anual del sistema de gestión ambiental de la granja.</p> <p>Actividades de revisión: a) revisión de resultados de auditorías internas, b) satisfacción de partes interesadas, c) quejas, reclamos y comunicación a partes externas, d) desempeño del sistema de gestión ambiental, e) estado de investigación de incidentes, f) estado de las investigaciones de acciones, e) correctivas, h) cambios requisitos legales, i) recomendaciones de mejora y por último j) acciones de mejora.</p>
	Identificar áreas de mejora	<p>Elaboración de un formato de acciones correctivas en el cual se incluya información de la auditoría interna y tenga en cuenta los siguientes aspectos:</p> <p>a) fecha, b) área, c) reporta, d) responsable, e) descripción de la no conformidad, f) acción correctiva, g) verificación de acción correctiva, h) fecha de verificación y por último i) firma responsable.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de (Icontec, 2015; Fundación Hábitat, 2005; Martí Jaime, 2008; Arévalo y Zambrano, 2007; Asociación Colombiana de Porcicultores, 2002; Torres, 2016)

Como se observó en la tabla 9, al implementar la metodología PHVA, planteada por la ISO 14.001, se encuentra un primer componente, *planeación* en el que se manifiestan los impactos ambientales, aspectos legales y organizacionales, orientados al desarrollo de las metas y objetivos

planteados por la organización. Lo anterior, dando importancia al efecto del biodigestor sobre recursos como el agua, aire y suelo, planteando indicadores que permitan evidenciar estos impactos, como disponen las normativas ambientales presentadas en el mismo apartado, luego se plantea el programa de gestión que permite establecer las etapas a desarrollar para la correcta implementación y parametrización de los biodigestores.

Posteriormente en el componente *hacer*, se definen las funciones y responsabilidades, dando especificaciones necesarias para la estructura organizacional planteada, orientada al correcto desarrollo de cada uno de los pasos propuestos en la planeación, disponiendo en esta etapa los recursos necesarios, los cuales se enlazan a un proceso de capacitación y el desarrollo de los indicadores formulados previamente. Además, se dispondrán los canales de comunicación establecidos, tanto interna como externamente, seguido de los documentos en los que se dará seguimiento y trazabilidad al desarrollo de cada uno de los operadores y administrativos, considerando en todo momento los controles operacionales, los riesgos y mecanismos de respuesta en casos de emergencia.

Sobre el componente de *seguimiento y verificación*, se definen los mecanismos para monitorear el desarrollo de los indicadores, que permitan influir en la toma de decisiones, en la retroalimentación de los procesos ejecutados y plantear reajustes en la planeación, estructurando este componente en: seguimiento continuo, cumplimiento de las metas, gestión de riesgos, auditorías internas, identificación de incumplimiento y acciones correctivas.

Finalmente se plantea un componente de *acciones de mejoramiento*, las cuales constan de dos subcomponentes que son: 1) una revisión anual de la dirección a los informes que son alimentados por los responsables de las diferentes áreas de desarrollo del proyecto y 2) la identificación de áreas de mejora con un conjunto de acciones correctivas, resultantes de la monitoria interna. De esta manera se garantiza desde una perspectiva holística el desarrollo del funcionamiento del sistema de biodigestores en condiciones óptimas, una cadena de mando, un sistema de monitoreo, una planeación, entre otros aspectos, que tendrá como resultado la sostenibilidad de la empresa y de los actores involucrados.

6.5 Conclusiones

Se seleccionó el modelo de biodigestores debido a que es el que ofrece mayores ventajas en los ámbitos económicos, sociales y ambientales, algunos de estos beneficios son:

Económico:

- Diversidad de usos (alumbrado, cocción de alimentos, producción de energía eléctrica, transporte automotor y otros).
- Produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente.
- Es un sistema de gestión sostenible, pues asimila los residuos generados y los transforma para reúso.

Social:

- En el campo, se eliminan en un 80 % los olores indeseables provenientes de las heces de animales, con el importante valor agregado de la drástica reducción de las enfermedades causadas por roedores e insectos.
- Mejores condiciones de higiene para los que rodean el proceso productivo.
- Evita sanciones por el no cumplimiento de las normas.
- Persuade a las personas a una conciencia ambiental.
- Introducción en áreas rurales o subdesarrolladas donde contribuye a la necesidad energética.

Ambiental:

- Elimina los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, contaminante del medio ambiente y fuente de enfermedades para el hombre y los animales.
- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo con factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85 % de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión. En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35 °C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 % – 70% y los hongos en 95 % en 24 horas.

- Captación del metano producido durante la degradación natural del estiércol.
- Menor producción de lodos que degradación aerobia.
- Promueve el uso de energías renovables.
- Disminuye la emisión de gases de efecto invernadero.
- Reduce la contaminación de aguas subterráneas.

De esta manera se concluye que la tecnología de biodigestores para la gestión de excretas en la producción porcina ofrece una gama de beneficios sociales, económicos y ambientales que aporta a que la producción y el desarrollo organizacional sean más sostenibles.

Referencias

- Angarita, R . (2012). Colombia: perspectiva actual de una crisis ambiental. *Revista Ingenio*, 5(1), 86-93.
- Arévalo, J. y Zambrano, L. (2007). *Implementación de un sistema autosostenible en la granja agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/582
- Arrieta, W. (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME_200.pdf
- Asociación Colombiana de Porcicultores. ACP. (2002). *Guía ambiental para el subsector porcícola*. Dirección General Ambiental Sectorial. <https://doi.org/1037//0033-2909.I26.1.7>
- Fundacion Hábitat. (2005). Biodigestores: una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes. https://www.academia.edu/8184562/Biodigestores_Una_alternativa_a_la_autosuficiencia_energ%C3%A9tica_y_de_biofertilizantes?auto=download
- Icontec. (2015). *NTC sistema de gestión ambiental*. <https://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. (2018). Censo pecuario nacional. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. y Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*, 24(1), 49-61. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009
- Martí, J. (2008). Biodigestores familiares: guía de diseño y manual de instalación. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TsbrdcmKGKoC&oi=fnd&pg=PA7&dq=implementacion+de+biodigestores&ots=Qleq2tuckY&sig=rdrhXIZ7vA-8wu-f_CyxEFhNAQ#v=onepage&q=implementacion+biodigestores&f=false
- Olaya, Y. y Gonzales, L. (2009). Fundamentos para el diseño de biodigestores. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2011). Manual de biogás, Proyecto CHI/00/G32. <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Rodríguez, M., Espinoza, G. y Wilk, D. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas. <http://www.iadb.org/sds/env>