



**BIODIGESTOR TIPO TAIWAN COMO MECANISMO DE MINIMIZACIÓN Y
MANEJO DE RESIDUOS LIQUIDOS ENFOCADO A LA ECONOMIA CIRCULAR EN
FINCAS PORCICULTORAS DE NORTE DE SANTANDER**

ANDRES FELIPE LARA GUALTEROS

Director

INGENIERO AMBIENTAL JAVIER AUGUSTO VERA SOLANO

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS

FACULTAD DE ARQUITECTURA DE INGENIERIA

UNIVESIDAD DE PAMPLONA

2022 – 1



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme alcanzar paso a paso este nuevo logro que se ha venido tejiendo con sus bendiciones y el aprendizaje que he adquirido a lo largo de esta etapa de mi vida académica, nuevamente a mi familia por ese apoyo incondicional, son la motivación que alimenta mi sentido profundo de cumplir los objetivos trazados.

Agradezco de manera muy especial y con total satisfacción a los docentes que me aportaron el conocimiento y gran parte de su experiencia durante mi formación y me encaminaron en lo valioso del saber como herramienta inagotable de aprendizaje y práctica para mi vida profesional, a mi director de proyecto de diplomado el Ingeniero JAVIER AUGUSTO VERA por su dedicación y colaboración en cada una de las etapas de aprendizaje, como también a mis jurados del proyecto y agradezco también a las personas que me colaboraron durante los espacios de mi formación que con un grano de arena me impulsaron a cumplir mis sueños.



1. TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
2. CAPITULO I	7
2.1 Introducción a la economía circular.....	7
2.1.1 Principios fundamentales en que se basa la economía circular	11
2.1.2 La economía circular y su trayectoria en Colombia	12
3. CAPITULO II	19
3.1 La porcicultura y sus impactos en Norte de Santander	19
3.2 Normatividad vigente en la producción porcícola.....	25
4. CAPITULO III	29
4.1 El biogás como alternativa sostenible y rentable	29
4.2 Biodigestor anaerobio tipo Taiwán: modelo y aplicabilidad.....	31
4.3 Relación enfocada a la economía circular con procesos de producción porcícola	35
5. CONCLUSIONES	37
6. BIBLIOGRAFÍA	38



TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Temas pilares de la economía de recursos naturales	8
Ilustración 2 Sistema Económico lineal	9
Ilustración 3 Inclusión al proceso económico medioambiental	10
Ilustración 4: Sistema económico sostenible	11
Ilustración 5: Los 3 principios fundamentales de la economía circular.	11
Ilustración 6 Características de la economía circular	12
Ilustración 7 Cuatro escenarios de influencia en la economía circular	14
Ilustración 8 Objetivos fundamentales del PND	16
Ilustración 9: Tipos de materiales aprovechables	17
Ilustración 10 Economía circular en el sector textil	18
Ilustración 11: distribución de granjas porcícolas en Colombia	19
Ilustración 12: Residuos provenientes de los cerdos en el medio ambiente.....	23
Ilustración 13: Fases de la fermentación anaerobia	31
Ilustración 14: Salida del biogás.....	33
Ilustración 15: Biodigestor Taiwán	34
Ilustración 16: Biodigestor en Norte de Santander	35



CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Granjas porcícolas Norte de Santander.	21
Tabla 2: Nutrientes en etapa productiva	25
Tabla 3: Marco legal.....	25
Tabla 4: Componentes del biogás.....	30



INTRODUCCIÓN

El desarrollo en las actividades agropecuarias dedicadas a la porcicultura ha generado desde siempre un riesgo ambiental para el recurso hídrico, por el manejo y disposición de las aguas residuales resultado de dicha actividad. Para pequeñas y medianas fincas productoras es vital un acompañamiento y capacitación en lo referente al buen manejo y disposición de los residuos líquidos, producto del lavado y limpieza de porquerizas que se realizan de manera constante. Su manejo inadecuado y vertimiento irresponsable a los cuerpos de agua naturales genera una alteración en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas tanto del suelo como del agua, generando pérdidas y deterioro de la calidad del agua, así como también aumenta el índice de proliferación en enfermedades y afectaciones a la salud de la comunidad, que hace uso de este preciado recurso para sus necesidades básicas diarias.

Durante los últimos tiempos el consumo desmedido de nuestros recursos naturales ha contribuido al deterioro de la calidad de vida de quienes habitamos y del medio ambiente en general, siendo una problemática a nivel mundial que ha estado en el interés colectivo de los países involucrados con la causa de la restauración del sistema lineal de producción y consumo de los países desarrollados. Satisfacer las necesidades de las generaciones futuras es un concepto puntual de lo que significa desarrollo sostenible y del cual se derivan tres pilares fundamentales: desarrollo económico, social y ambientalmente sostenible, de manera que las nuevas formas de adoptar la economía a un nuevo modelo sustentable y dinámico se puede entender mejor con el concepto de economía circular, que viene siendo básicamente un ciclo productivo y sostenible con nuevas alternativas de preservar y aumentar el capital natural (Prieto Sandoval et al. 2017).

Los proyectos sostenibles encaminados a la producción agrícola tienen como eje fundamental la economía circular, siendo la precursora de un ciclo sustentable a partir de la disposición y reutilización de los residuos líquidos generados de actividades porcicultoras, en donde se utiliza la tecnología de los biodigestores como mecanismo de minimización de los impactos ambientales (Enríquez Hidalgo & Jurado Eraso, 2016). Los biodigestores constituyen un mecanismo clave en el tratamiento de residuos líquidos a partir de un sistema cerrado de fermentación anaerobia en donde se llevan a cabo procesos de transformación a partir de células procariotas y algunas levaduras, donde también intervienen bacterias acidogénicas, acetogénicas



y metanogénicas que complementan el medio perfecto para la generación de biogás y lixiviados reutilizables como biofertilizantes en los procesos donde la disposición de los residuos líquidos puede llegar a ser una alternativa económica y sustentable para fincas porcícolas, siendo un compromiso con la preservación y responsabilidad de nuestros recursos naturales (Pinzon Fernández, 2016).

2. CAPITULO I

2.1 Introducción a la economía circular

El medio ambiente se ha considerado desde siempre como la despensa de recursos naturales y materias primas, viéndolo desde el enfoque económico también encontramos un receptor de residuos sin ningún aporte a su valorización o recirculación en el mercado actual. La preocupación por el estado y la calidad del medio ambiente conlleva hacia la década de los 70 a incursionar en nuevos estudios académicos plasmados en diferentes textos, artículos o informes acerca de la economía ambiental, donde aflora cierto interés por los conceptos que tuvieran relación con el impacto sanador y remediable en contra de un estilo de vida consumista y poco reutilizable que está deteriorando progresivamente el medio ambiente, natural e invaluable (Blandon M., 1996).

Según Pearce & Turner (1995) en su libro de “Economía de los recursos naturales y del medio ambiente” nos expone un enfoque desde la raíz conceptual del desarrollo sostenible y como se abre un panorama alrededor de cinco temas fundamentales que son analizados por los autores; a continuación se exponen esquemáticamente dichos temas que están relacionados y se complementan en relación con la problemática ambiental y su impacto en la economía actual (pág. Cap. 2).



Ilustración 1: Temas pilares de la economía de recursos naturales

Economía y medio ambiente: visión global del pensamiento económico y relación con respecto al concepto de ecología.

Economía de la contaminación: trabaja con los elementos microeconomicos que la sustentan, la contaminación optima, permisos de contaminación negociable, impuestos y subvenciones.

Ética y generaciones futuras: Contempla los problemas de ética ambiental y la equidad intergeneracional.

Economía de los recursos naturales: Aprovechamiento óptimo de los recursos naturales renovables y no renovables, como también la mitigación en la escasez de recursos.

Desarrollo y medio ambiente: Proyecto de desarrollo y conservación y/o preservación, como el estudio de zonas húmedas.

Fuente: adaptado de (Blandon M., 1996)

Una economía circular según el concepto de Cerdá & Khalilova (2016) es reconstituyente y regenerativa por diseño, y se propone mantener siempre los productos, componentes y materiales en sus niveles de uso más altos. El concepto distingue entre ciclos biológicos y ciclos técnicos. Es decir que se consolida como un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables. (pág. 2)

Una función económica encaminada al medio ambiente como primer y vital recurso de todo aquello que desde la revolución industrial se ha explotado y utilizado como la materia prima de gran parte del desarrollo de las naciones y estilos de vida que han venido siendo insostenibles para un medio ambiente natural doliente y resiliente. De manera que todos los bienes tienen un proceso por el cual se involucran bienes intermedios, por trabajo y por recursos naturales, es decir

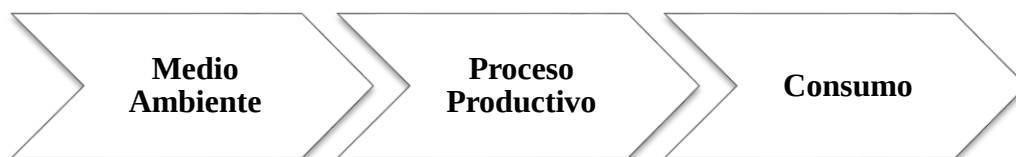


un complemento de diferentes variables que confluyen entre si para producir y entregar un bien material que pueda ser utilizado o consumido por la sociedad y que durante tal proceso se tenga en cuenta el impacto al recurso natural que se esta explotando y analizar en la misma medida su viabilidad. (Arbués Gracia , [s.f]).

En complemento con lo mencionado anteriormente señala Dasgupta (1990) que “Incluso el trabajo mas elemental es fruto de la transformación de los recursos naturales que sirven como soporte vital, tales como los alimentos que consumimos, el aire que respiramos y el agua de bebemos”. En pocas palabras el medio ambiente viene desempeñando un papel fundamental en la provisión de los recursos necesarios que se necesitan en los procesos productivos.

Seguidamente se expresa de manera grafica el proceso de lo que seria un sistema economico lineal, como se observa en el *Ilustración 2*, basandose en el concepto definido y conceptual del autor, según Arbués Gracia ([s.f]) nos encamina hacia un punto de vista evolutivo de lo que ha sido el medio ambiente, como actor principal e influyente en las utilidades economicas vitales de una nación, y que desde siempre algunas actividades tradicionalistas y poco resilientes, han ajustado al medio ambiente a ser un esclavon mas de la cadena de producción que solo cumple una función y no se le diversifica sus posibilidades de encaminar y adoptar una economia ambientalmente sostenible, que mas adelante se ira modificando y adaptando a las nuevas variables que según el autor, se involucran en la comprensión del sistema economico.

Ilustración 2 Sistema Económico lineal



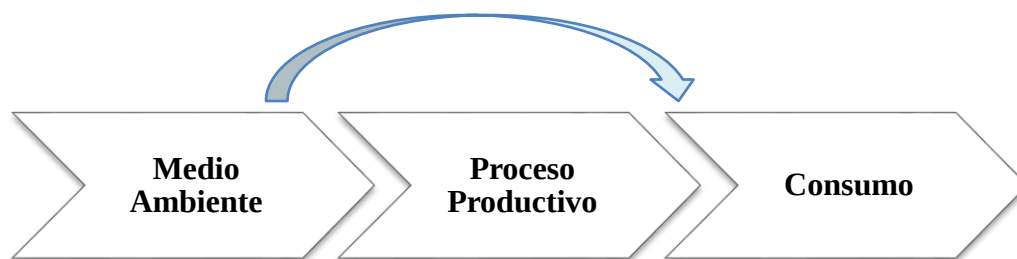
Fuente: Adaptado de (Arbués Gracia , [s.f])

El medio ambiente presta un servicio economico directa e indirectamente en su relación con las actividades que demandan un papel importante en el aparato productor economico de cualquier actividad industrial, de manera que se centra en un aspecto puntual y caracteristico en cuanto a la provisión de un conjunto de recursos naturales que son representados como bienes que cumplen una función social, economica y ambientalmente sustentable, como es el caso de la



actividad paisajística y cultural de la nación, la calidad de nuestros recursos naturales para sobrevivir como sociedad y especie que somos. Con el objetivo de resumir lo expuesto anteriormente se ilustra de manera clara en el *Ilustración 3* la anexión de una función económica medioambiental a ese sistema que podíamos apreciar anteriormente en el *Ilustración 2* y poder comprender desde un punto de vista sostenible y conservativo el valor económico que representan nuestros recursos naturales, como también su preservación misma (Arbués Gracia , [s.f]).

Ilustración 3 Inclusión al proceso económico medioambiental

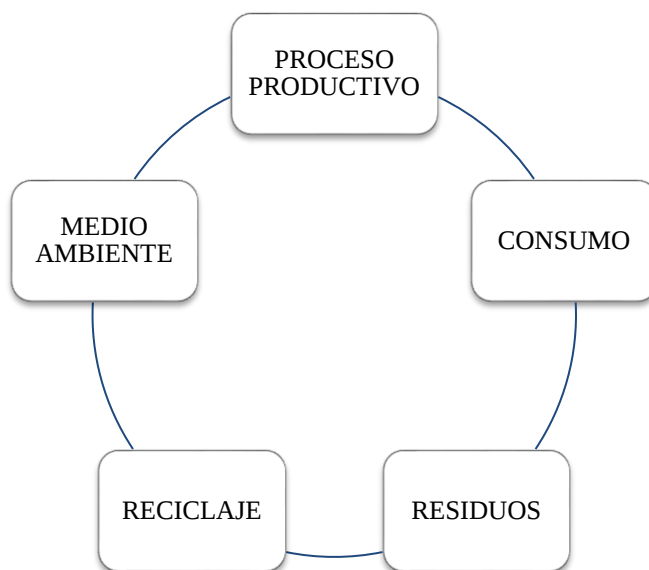


Fuente: Adaptado de (Arbués Gracia , [s.f])

Aunque es preciso afirmar que el medio ambiente en su esplendor de recursos y bienes naturales debe ser comprendido y analizado desde diferentes puntos de vista que complementen y diversifiquen el reconocimiento en los diferentes entornos que involucren el concepto inicial por el cual surge la economía circular y se resume en un desarrollo sostenible y conservacionista en donde abarca a todos como individuos responsables y resilientes de nuestras acciones (Arbués Gracia , [s.f]).

Gran parte de los residuos que se generan a partir de las actividades de producción y consumo no son reutilizados y su proceso de recuperación es muy costoso, de manera que este planteamiento nos encausa en un concepto que resume la importancia en las utilidades de tipo social que generan un aporte al capital natural y a los servicios ecosistémicos en un área determinada que pueda ser intervenida por esta herramienta de la gestión ambiental y realizar una valoración económica ambiental (Cerdá & Khalilova, 2016). Seguidamente se sintetiza en el *Ilustración 4* el complemento de lo que se expuso anteriormente como un modelo pedagógico de lo que sería una inclusión de los residuos a una especie de sistema cíclico económico.

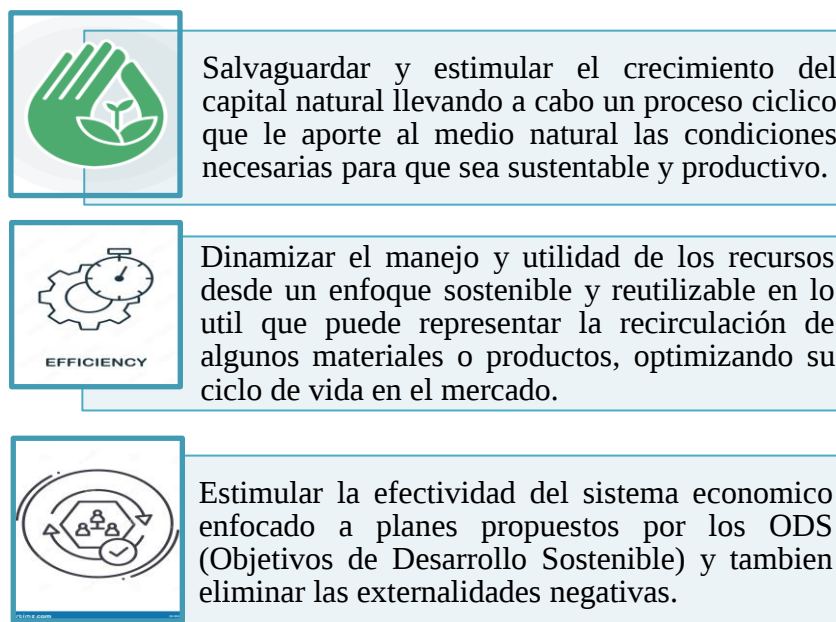
Ilustración 4: Sistema económico sostenible



Fuente: Adaptado de (Arbués Gracia , [s.f])

2.1.1 Principios fundamentales en que se basa la economía circular

Ilustración 5: Los 3 principios fundamentales de la economía circular.



Fuente: Adaptado de (Cerdá & Khalilova, 2016)

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



De los principios expuestos anteriormente se derivan algunas características que son útiles a la hora de resaltar y comprender los diferentes enfoques y parámetros de los cuales se basa la economía circular según Cerdá & Khalilova (2016) en su apertura a los principios fundamentales que describe en el *Ilustración 6* las condiciones en que se debe desarrollar dicha actividad monetaria atribuida a la actividad de valorización, donde se describen algunos aspectos importantes de lo que comprende una economía circular diversa.

Ilustración 6 Características de la economía circular

Manejo de insumos y uso responsable de recursos naturales	Reducción de emisiones	Valorización económica Ambiental
• Explotación responsable y uso eficiente de los recursos naturales. • Uso eficiente y ahorro energético. • Extracción de manera sostenible	• Disminuir los índices emisiones a lo largo del proceso como también su control y monitoreo. • Ciclos productivos limpios. • Transición energética.	• Planificación y ordenamiento ambiental del territorio • Administración de los recursos naturales. • Reutilizar los componentes.

Fuente: Adaptado de (Cerdá & Khalilova, 2016)

2.1.2 La economía circular y su trayectoria en Colombia

Para adentrarnos en el contexto nacional primero debemos contextualizarnos con los referentes precursores de la aplicación en masa del concepto teórico-práctico de economía circular, en cuanto a su trayectoria y experiencias que traen a colación la situación que vive hoy por hoy nuestro país en materia de economía ambiental y sostenible. La Unión Europea se ha consolidado como una asociación geopolítica que la conforman 27 países, de los cuales impulsan y promueven el crecimiento económico y político de gran parte del viejo continente, teniendo en sí una identidad y autonomía que fortalece las capacidades económicas de aquellas naciones, como también el estímulo que se le brinda desde la circulación de su propia moneda y los símbolos representativos; que desde 1950 han sido los precursores de la economía circular, encaminado hacia una transición energética sostenible y conservacionista (Redondo Ramirez et al. 2019).



Según desde la perspectiva de la Unión Europea se considera a la economía circular como una herramienta que estimula el desarrollo y evolución del musculo económico de manera sostenible y diversa; por un lado trabajando en contribución a un ambiente natural sano y desde otra perspectiva la educación e investigación, contribuyendo al desarrollo e innovación de nuevas posibilidades de generar empleo y garantizar una mejor calidad de vida. Dentro de los beneficios que se involucran en las medidas de aprovechamiento y calidad para las materias primas, encontramos también una buena gestión en la reutilización y aprovechamiento de residuos dentro del marco normativo de la economía circular y afines (Redondo Ramirez et al. 2019).

Para los países en vía de desarrollo se condiciona una ventaja muy importante en comparación con los países desarrollados, ya que se encuentran menos arraigados y estructurados a una economía lineal obsoleta, que puede permitir una transición mas cómoda y eficiente a la hora de contribuir con un proyecto de economía circular. La manera en que se analizan los índices en temas de reciclaje se presentan como un factor determinante que lleva a cabo los controles y la manera en como se optimizan los mecanismos que reutilizan los residuos sólidos en una empresa o un sector determinado de la industria nacional, según cifras recientes del DANE (Ambiental , 2018) expone que Colombia cuenta con tan solo el 2,2% de utilidades que generan los residuos sólidos que podrían ser aprovechables, como ocurrió en 2015 cuando tan solo el 8,6% de residuos generados en actividades industriales se recupero; por consiguiente se plantearon nuevas alternativas de cambio en el sistema económico, ya que Colombia al contar con una diversidad de recursos naturales puede estimular la recirculación de productos con un alto índice de calidad en sus materias primas y así contribuir al desarrollo de una bioeconomía (Castillo Salgado , 2018).

El concepto de bioeconomía se relaciona directamente con el ejercicio de la economía circular en el sentido en que se justifica un objetivo en común, que se viene siendo simple y objetivamente un desarrollo sostenible; este mismo argumento lo contempla Hodson de Jaramillo , Guy , & Trigo (2019) en donde proponen “Un modelo económico en el cual la producción de bienes y servicios se basa en el uso eficiente y sostenible de los recursos biológicos (genes, biomasa de bacterias, plantas y animales) y de los recursos naturales (como suelo y agua), así como el aprovechamiento de los desechos que se generan en su transformación, reduciendo el uso de energía fósil y contribuyendo al objetivo global de des carbonizar la economía” (pág. 16).



El termino de economia circular a nivel nacional contempla un panorama expectante para ser estudiado y aplicado a las nuevas tendencias que demanda el mercado global y latinoamericano, que desde el gobierno se viene adentrando pedagogicamente en lo que seria un concepto que llega a complementar aspectos como el desarrollo economico, social y ambiental. En Colombia los primeros pasos que se dieron en materia de sostenibilidad fue en 1997 con la politica que se implemento para la gestión de residuos, para inicios del nuevo milenio la expedición de la politica de parques industriales ecoeficientes por parte de la Secretaria Distrital de Ambiente, para luego en 2007 y 2010 el desarrollo de la normatividad sobre la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y una politica que estimula las compras publicas verdes, siendo asi un primer paso en la conceptualización referente a una economia circular resiliente y adaptada al contexto nacional (Redondo Ramirez et al. 2019).

Retomando el concepto y enfoque de bioeconomia hacia un contexto nacional podemos reafirmar cuatro retos globales, que emergen desde las bases de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y convergen en las posibilidades que pueden potencializar la economia Colombiana; en el *Ilustración 7* se representan cuatro escenarios clave en los que la economia circular podria influenciar y superar desafíos que involucren el interes y la solidaridad de todas las naciones en pro de un desarrollo sostenible.

Ilustración 7 Cuatro escenarios de influencia en la economía circular



El aumento considerable y progresivo de la población mundial, se estima que para 2050 contara con al rededor de 9 billones de personas.



Los elevados recursos de biomasa que se pierden y perjudican la estabilidad natural, al menos un 60% por encima de los parametros actuales.



La educación e investigación que proyecta una transición energetica de los recursos fosiles a una economia mas limpia y sostenible.



El compromiso con los nuevos estilos de vida resilientes y sostenibles, que mitiguen el deterioro y compensen progresivamente a la disminucion de la temperatura de la tierra.



Fuente adaptado de (Hodson de Jaramillo , Guy , & Trigo, 2019)

Para el gobierno nacional es importante reconocer el impacto que traería en materia ambiental la innovación en conjunto con una gestión integral de los servicios públicos, como también una economía circular entorno al desarrollo e impulso de un musculo financiero por parte del sector público y privado, donde la bioeconomía lleve a cabo un papel fundamental en la transición y aprovechamiento energético, como también la implementación de nuevos recursos ecológicos que amplíen la cobertura de productos de empackado y embalaje que cumplen una función importante en la cadena de residuos que se generan a diario, muchas veces sin control o seguimiento alguno (Gobierno de Colombia, 2018).

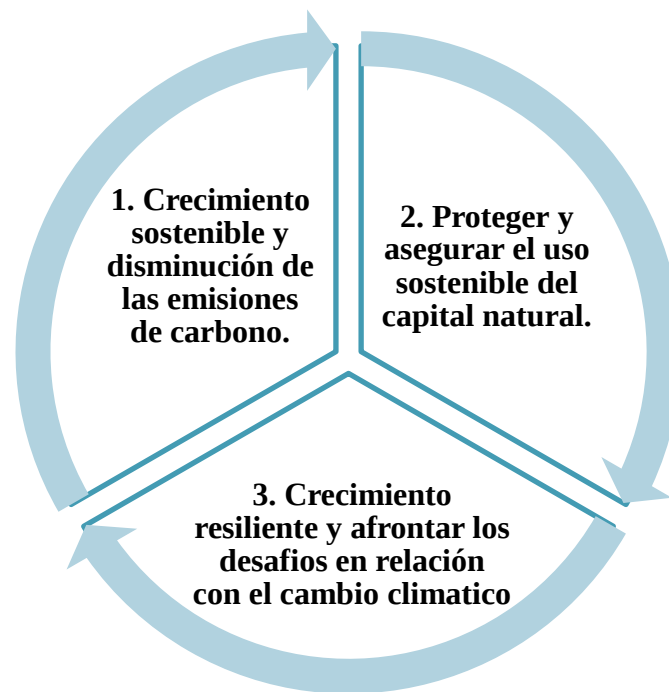
La experiencia y el aprendizaje entorno a la aplicabilidad de una economía circular se puede evidenciar desde diferentes enfoques y métodos utilizados en algunos países comprometidos con una transición energética sostenible, que reemplaza al modelo económico actual en el desarrollo de un crecimiento progresivo y ambientalmente equilibrado. En china se trabaja un enfoque de economía circular fundamentada en la mecánica de las 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar); varios temas relacionados como el cambio climático y la contaminación derivada de la industrialización, se encamina en buscar alternativas para afrontar los nuevos desafíos ambientales que demanda el crecimiento económico de una nación (McDowal et al. 2017).

El compromiso que adquiere el gobierno Colombiano con la comunidad internacional se evidencia según García Arbeláez, Barrera, Gómez, & Suárez Castaño (2015) en las 10 medidas que se adoptaron, desde la delimitación de paramos en 36 áreas de protección; con una proyección de la cobertura total en el territorio para la implementación de planes de adaptación y compensación en contra del cambio climático, llevando a cabo nuevos estilos de vida más des carbonizados y sostenibles con el ambiente. Dentro del plan de desarrollo del gobierno nacional (PND) se llevó a cabo una hoja de ruta encaminada al crecimiento verde, más específicamente en la industria manufacturera colombiana, contribuyendo a nuevas políticas de control de residuos y reutilización en los mecanismos de producción para la industria textil como también la construcción, enfocada hacia una economía circular y sostenible.

En el *Ilustración 8* se representan los tres objetivos estipulados en el PND con relación a una perspectiva económica sustentable y circular, que busca abarcar diferentes escenarios en donde

las nuevas políticas en materia ambiental se complementan y trabajan en función de la preservación y aprovechamiento de los recursos naturales del territorio (Castillo Salgado , 2018).

Ilustración 8 Objetivos fundamentales del PND



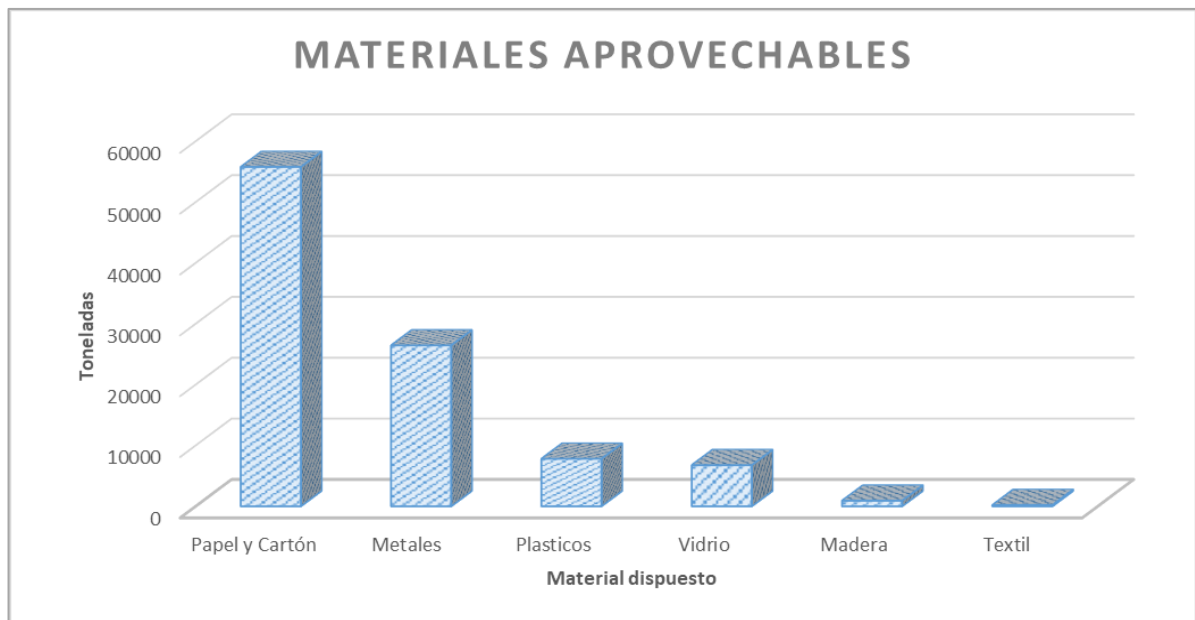
Fuente: adaptado de (Planeación, 2015)

El sector textil para la industria colombiana genera un impacto positivo, debido a las fases de producción que estimula el músculo económico a nivel nacional, con la generación de empleo desde quienes cultivan las fibras naturales, el transporte de la materia prima, el proceso industrial que pone a disposición del consumidor productos que hacen parte de las necesidades de los colombianos, posicionando cerca del 24% la generación de empleo en todo el territorio, contribuyendo de igual manera al 6% del PIB, siendo reconocido como uno de los sectores industriales más prósperos y con tendencia a crecer progresivamente (Pérez, 2018).

Según DNP (2016) en su informe Nacional de aprovechamiento del año 2016, expone una gráfica en la cual se miden las cantidades aprovechables dispuestas por las actividades de servicio público y aseo; en la cual se puede evidenciar la proporcionalidad en que se reutilizan algunos residuos sólidos, que a diario se disponen en un sistema de recolección lineal, de manera que no contribuyen en lo absoluto a valorizar y reutilizar el potencial que estimule una economía circular.

En la *ilustración 9 1* se exponen seis tipos de residuos sólidos con diferentes porcentajes de aprovechamiento; siendo el papel y el cartón un 53% aprovechable, le sigue el metal con un 25%, el vidrio con un 13%, por lo que los residuos textiles y los maderables componen tan solo el 0,4% y el 2% respectivamente en los usos de separación y reutilización.

Ilustración 9: Tipos de materiales aprovechables



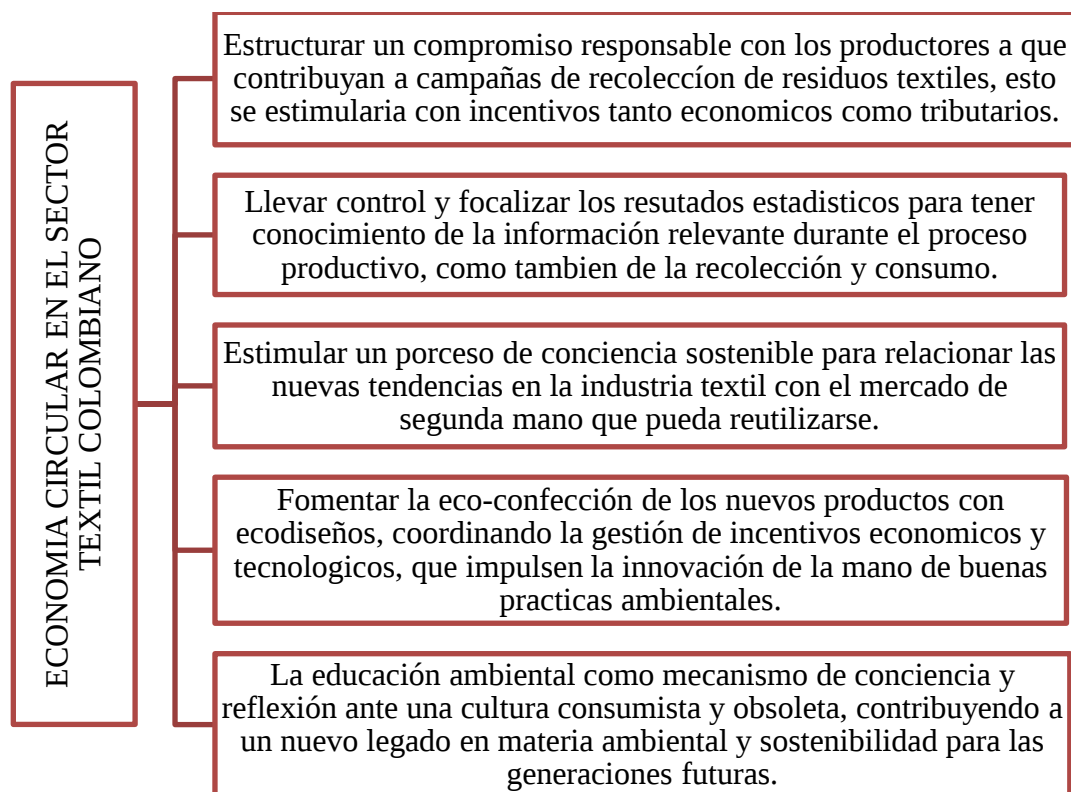
Fuente: adaptado de (Pérez, 2018)

Dentro del contexto nacional en que se expone a la economía circular, podemos evidenciar el planteamiento de un modelo económico sustentable y comprometido con la reutilización en la industria nacional de confección y textil; el cual ejecuta el concepto de reciclaje, para trabajar en conjunto con la reincorporación de los residuos que se generan en la disposición final, luego de cumplir su ciclo de vida, minimizando la generación de residuos en la medida en que se estimule el valor del sector textil en la pequeña y mediana industria primordialmente y se pueda adaptar un sistema económico circular en el eje mismo de la cadena de producción (Pérez, 2018).

A continuación se plantea en el *diagrama 1* los cinco principios fundamentales necesarios para aplicar un sistema económico circular, adaptado al sector textil con el objetivo de contribuir al reciclaje y aportar a la valoración económica de los recursos naturales que se usan como materia prima en la producción textil colombiana.



Ilustración 10 Economía circular en el sector textil



Fuente: adaptado de (Pérez, 2018)

Dentro de los lineamientos del CONPES 3874 de 2016 en su apartado 5.3.1 “Definición de la política” establece los instrumentos dentro del marco de la gestión integral para los residuos sólidos, promoviendo la economía circular como medida de transición para las nuevas políticas en materia de desarrollo sostenible. Como primer eje fundamental e introductorio en la economía circular (Social, 2016, pág. 47) establece que las medidas básicas de mitigación como, el aprovechamiento, reutilización y disposición de los residuos sólidos; en conjunto con esta medida el Ministerio de vivienda, ciudad y territorio estipula desde el 2017 un incentivo dentro del PND 2014 – 2018 para reducir el porcentaje y capacidad de residuos sólidos generados y dispuestos en los rellenos sanitarios, apoyando a la vida útil de los mismos y disminuyendo costos en la disposición final. Dentro de los objetivos trazados por esta propuesta es que alrededor del 30% de los residuos que se disponen sean aprovechados y reutilizados de manera conjunta con las



organizaciones de recicladores y empresas de servicios públicos, esta medida se complementa con capacitaciones en educación ambiental y sostenibilidad.

3. CAPITULO II

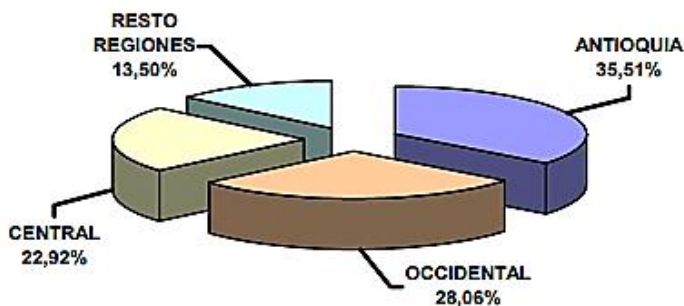
3.1 La porcicultura y sus impactos en Norte de Santander

31.1_Crecimiento y distribución geográfica del sector porcícola en Colombia

La actividad porcícola en Colombia ha tenido un crecimiento de la producción a medida que crecen las explotaciones en las diferentes regiones, se ha transformado en un gremio que mejora la calidad y la productividad a través de la tecnificación, según censo realizado por el departamento administrativo nacional de estadística DANE 2003 las primeras granjas porcícolas empezaron en 1950, actualmente ha pasado de 2.976.255 cabezas de cerdo en el 2009 y 2.976.255 en el 2012 , el cual representa un incremento de 778.345 porcinos en los tres años que ha realizado la encuesta. (Rincon Galviz & Rubio Jurado, 2016)

Colombia concentra la mayor productividad porcina en el sector de Antioquia con 35.51%, zona occidental con 28.06% y zona central con 22.92% y el resto en las demás regiones del país. en cuanto al sistema de producción un 49,21% del total de granjas se dedican al ciclo completo, el 18,64% con actividad de cría y un 32,15% de levante y ceba. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2003)

Ilustración 11: distribución de granjas porcícolas en Colombia



Fuente: DANE- 2003



El sistema de producción de cría se ubica en la región central, la producción de levante y ceba en la región Antioqueña en 60.45%, la producción de ciclo completo en la región occidental. Según el censo realizado se encontraron 747 granjas tecnificadas de las 1.518 censadas.

El instituto colombiano agropecuario ICA en el 2021 argumenta que “la población porcina en el país está distribuida en 208.828 predios de los cuales 169.572 (81,2%) son predios de traspato y los restantes 39.250 (18,8%) corresponden a predios de producción comercial y tecnificada. El número total de animales censados es de 5.950.113 animales, reduciéndose en un 11,3%, respecto al año anterior, de los cuales el 76,9% son animales de predios de producción comercial y tecnificada, y el restante 23,1% son animales de traspato. El 68,6% del total de la población porcina del país se concentra en seis departamentos, Antioquia (37,9%), Valle del Cauca (9,3%), Bolívar (6,3%), Córdoba (5,9%), Cundinamarca (5,5%) y Magdalena (3,7%)”. (ICA, 2021)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el censo por el Instituto Colombiano Agropecuario para el departamento Norte de Santander para la vigencia 2021 el municipio de Cúcuta y el municipio de Tibú cuenta con la mayor de producción de porcinos comercial familiar, el municipio de Abrego y Teorama tiene mayor producción de porcinos en traspatios conocidos como lugares de huertas familiares o solares, el municipio de Ocaña y Cúcuta se encuentran en los primeros lugares en producción industrial, el departamento no cuenta con ninguna finca tecnificada. Así mismo cuenta con producción en 10.860 predios a nivel regional con una producción de 99.569 porcinos en las diferentes áreas de producción, en la tabla se evidencian los resultados de la actividad porcícola en el departamento. (ICA, 2021).



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Tabla 1 Granjas porcícolas Norte de Santander.

MUNICIPIO	TOTAL PORCINOS COMERCIAL FAMILIAR	TOTAL PREDIOS PORCINOS COMERCIAL FAMILIAR	TOTAL PORCINOS COMERCIAL INDUSTRIAL	TOTAL PREDIOS PORCINOS COMERCIAL INDUSTRIAL	TOTAL PORCINOS PRODUCCIÓN TECNIFICADA	TOTAL GRANJAS PORCINAS TECNIFICADAS	TOTAL PORCINOS PRODUCCIÓN COMERCIAL Y TECNIFICADA	TOTAL GRANJAS PORCINAS COMERCIALES Y TECNIFICADAS	TOTAL PREDIOS TRASPATIO	TOTAL CERDOS PRODUCCIÓN TECNIFICADA + TRASPATIO
CUCUTA	6.297	191	6.476	46	0	0	12.773	237	531	21.699
ABREGO	1.480	53	1.086	8	0	0	2.566	61	1.154	5.101
ARBOLEDAS	469	18	0	0	0	0	469	18	123	859
BOCHALEMA	520	15	242	3	0	0	762	18	36	1.181
BUCARASICA	312	17	243	3	0	0	555	20	150	936
CACOTA	91	4	0	0	0	0	91	4	19	201
CACHIRA	538	10	170	2	0	0	708	12	283	1.416
CHINACOTA	1.017	23	1.270	7	0	0	2.287	30	96	3.687
CHITAGA	118	5	322	1	0	0	440	6	76	626
CONVENCION	737	30	0	0	0	0	737	30	376	1.563
CUCUTILLA	922	55	345	3	0	0	1.267	58	185	2.008
DURANIA	564	21	111	2	0	0	675	23	76	1.069
EL CARMEN	479	19	0	0	0	0	479	19	283	1.058
EL TARRA	1.895	67	153	2	0	0	2.048	69	228	3.144
EL ZULIA	2.015	75	611	6	0	0	2.626	81	111	3.891
GRAMALOTE	599	24	0	0	0	0	599	24	183	972
HACARI	469	23	70	1	0	0	539	24	471	1.380
HERRAN	20	1	0	0	0	0	20	1	15	131
LABATECA	169	6	0	0	0	0	169	6	259	513
LA ESPERANZA	1.358	46	92	1	0	0	1.450	47	320	2.758
LA PLAYA	307	9	0	0	0	0	307	9	320	807
LOS PATIOS	617	20	490	4	0	0	1.107	24	48	1.662
LOURDES	415	20	34	1	0	0	449	21	254	906
MUTISCUA	135	5	0	0	0	0	135	5	21	253
OCAÑA	3.134	96	2.691	20	0	0	5.825	116	522	9.329
PAMPLONA	664	26	357	3	0	0	1.021	29	71	1.788
PAMPLONITA	863	28	240	4	0	0	1.103	32	59	1.524
PUERTO SANTANDER	485	14	0	0	0	0	485	14	18	620
RAGONVALIA	301	14	53	1	0	0	354	15	52	589
SALAZAR	696	35	416	4	0	0	1.112	39	334	1.941
SAN CALIXTO	635	24	0	0	0	0	635	24	350	1.412
SAN CAYETANO	639	23	404	6	0	0	1.043	29	49	1.776
SANTIAGO	248	9	146	3	0	0	394	12	101	690
SARDINATA	2.001	83	320	5	0	0	2.321	88	309	3.457
SILOS	24	1	0	0	0	0	24	1	14	116
TEORAMA	1.560	62	519	5	0	0	2.079	67	223	3.008
TIBU	4.089	164	307	2	0	0	4.396	166	653	7.561
TOLEDO	981	38	418	5	0	0	1.399	43	539	2.617
VILLA CARO	207	12	0	0	0	0	207	12	315	765
VILLA DEL ROSARIO	1.299	42	333	3	0	0	1.632	45	54	4555

Fuente: censo pecuario, ICA 2021



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



3.1.2 Impactos al medio ambiente del sector porcícola.

La producción de cerdos es una actividad que se puede ejecutar en cría, levante y ceba, ciclo completo las razas que se producen en la región son Pietran, Landrace, Duroc y Cruces con pietrán y Landrace, esta actividad puede ser muy rentable siempre y cuando se tenga un buen manejo de nutrición sanidad, manejo, producción y genética. Las explotaciones porcinas pueden ser tecnificadas, medianamente tecnificadas o tradicionales, sin embargo, esta genera impacto social y ambiental que requieren dar un mejor manejo de las condiciones de unidades productivas en producción familiar y/o microempresas rurales. (Florez Quintero, 2017)

En el municipio de Ocaña en el centro carcelario actualmente existe una pequeña granja con 16 cerdos con un promedio de dos a cuatro meses de vida con labores de lavado y alimentación dos veces al día, también maneja producción de aves, conejos y se desconoce el manejo de los residuos generados por esta actividad ya que no existe un plan de manejo ambiental. (Puerta Comas, 2015).

El municipio del Carmen cuenta con producción de granjas porcícolas en diferentes veredas la vereda el Carmen cuenta con cinco productores, vereda Maracaibo (16) dieciséis, vereda Zaragoza (05) cinco, vereda Cajón (02) dos, corregimiento Guamalito (02) dos para un total de (30) treinta productores, de los cuales ninguno cumple el registro sanitario y algunas con lavado de las instalaciones y animales, infraestructura físicas inadecuadas, separación de animales por edades y etapas productivas . (Florez Quintero, 2017)

En el corregimiento del agua de la virgen, llano de los trigos y venadillo del municipio de Ocaña se cuenta con (51) cincuenta y un proyectos porcinos. En la vereda samaritana diez familias con producción de cerdos con porquerizas construidas en una parte de madera y otra en ladrillo y los vertimientos de las heces de estos cerdos va directamente al medio ambiente sin ningún tratamiento causando olores fuertes y contaminantes En el corregimiento Llano de los Trigos, vereda Cerro de las Flores, vereda la Unión y Quebrada el Rosal cuenta con veinte (20) beneficiarios de un proyecto de porcicultura las porquerizas se encuentra en continuo mantenimiento y limpieza, no hay vertientes de agua afectadas por las heces mas sin embargo no



existen biodigestores construidos o tratamiento de la porquinaza producida ya que se encuentra expuesta al medio ambiente contaminando la atmosfera. (Jiménez Botello , 2019)

Los impactos ambientales en las unidades productivas es crítico generando gran cantidad de desechos que generan gases contaminando el aire, esto parte de una higiene no adecuada, una ventilación no apropiada, altas temperaturas, manejo inadecuado de las heces tanto el estiércol liquido como sólido que afectan el suelos y las fuentes hídricas, descomposición acelerada que causan olores ofensivos que afectan la salud y el paisaje, por lo tanto la porcicultura requiere de prácticas ambientales que permitan ser amigables con el entorno natural y social que de lo contrario se sufren las consecuencias y las sanciones ambientales ya que son bastantes estrictas. (Jiménez Botello , 2019).

Ilustración 12: Residuos provenientes de los cerdos en el medio ambiente



Fuente: Evaluación de impactos, UFPS

El porcicultor debe disponer de un área adecuada en las instalaciones destinadas al levante y ceba tres veces más que la utilizada para la gestación y para la maternidad. Es recomendable por norma los pisos construidos en un material antideslizante que facilite la limpieza, desinfección y



el drenaje, la alimentación de los cerdos proviene de concentrado, desechos orgánicos de la agricultura o el llamado comúnmente las aguamasas el cual conlleva a la composición excreta de porcino, que esta dada por una porción de alimento sin digerir, bacterias arrastradas del tracto digestivo, líquidos digestivos y agua. (Rincon Galviz & Rubio Jurado, 2016).

La porquinaza es la principal preocupación y riesgo respecto a temas de salubridad por el mal manejo de los residuos generando propagación de enfermedades, disposición en las aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento y en aguas superficiales que pueden ser utilizada para consumo humano, al disponerlo directo al suelo puede ser transportada a las fuentes hídricas por precipitación y escorrentía, puede generar problemas de salinización del terreno ya que contiene sodio, potasio y calcio.

La problemática en el aire se puede atribuir a las emisiones de amoníaco y metano, alterando así, las características de la atmósfera. El aporte de nitrógeno a la atmósfera contribuye en la formación de lluvia ácida. Las emisiones de amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y dióxido de carbono provocan una generación de olores ofensivos fuertes y a su vez contribuyen en la destrucción de la capa de ozono. (Rincon Galviz & Rubio Jurado, 2016)

Comúnmente los cerdos, excretan del 45% al 60% de Nitrogeno, del 50 al 80% de Calcio y Fósforo y del 70 al 95% de Potasio, Sodio, Magnesio, Cobre, Zinc, Manganeso y Hierro consumido debido a que el animal no utiliza el 100% de los nutrientes proporcionados en su alimentación, en la etapa de preceba produce en estiércol y orina 0.95 kg/día, ceba 4.9 kg/día, maternidad 11kg/día, lactancia 18 kg/día, reproducción 6kg/día, obteniendo así un promedio de porquinaza 5.8 kg/día. (Rincon Galviz & Rubio Jurado, 2016).

En la presente *tabla 2* se estima la relación promedio de excreción anual de nutrientes en la diferente etapa productiva, concluyendo que la etapa que más genera nutrientes de Nitrógeno, fosforo y potasio es en la lactancia.



Tabla 2: Nutrientes en etapa productiva

ETAPA PRODUCTIVA	NITROGENO (Kg)	Fosforo (Kg)	Potasio (k)
Preceba	2.6	0.9	1.7
Ceba (crecimiento)	5	1.6	3.2
Ceba (final)	15	5	10
Gestación	10.4	3.5	6.8
Lactación	38.1	12.7	24.9
Reproducción	12.7	4.3	8.6

Fuente: Universidad de la Salle, 2016.

3.2 Normatividad vigente en la producción porcícola

En la presente *tabla 3* se referencia los respectivos decretos, normas, resoluciones y demás documentos que rigen la protección y cuidado del medio ambiente enmarcado en la actividad porcícola mitigando los impactos ambientales por la producción de residuos orgánicos.

Tabla 3: Marco legal

NORMA	ENTIDAD	CONCEPTO
Ley 99 de 1993 “por el cual se crea el ministerio del medio ambiente se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA”.	Congreso de la república- Gobierno nacional.	Fundamentos de la política ambiental. Creación, estructura y organización del ministerio del medio ambiente. Creación del fondo nacional ambiental y del fondo nacional de la amazonia.
Decreto 2811 de 1974 “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de	Ministerio del medio ambiente.	Preservación, restauración y conservación del ambiente, prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables, y regular la conducta



Protección al Medio Ambiente”.

humana, control, vigilancia y posibles sanciones en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales.

Decreto 3930 del 2010
“reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Establece las disposiciones de relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.

Fija las zonas en las que se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales, subterráneas, o marinas.

Destinación de agua superficial, subterránea y marina para uso pecuario y agrícola.

Reducir y minimizar la carga contaminante por unidad de producción, antes del sistema de tratamiento, caracterización y manejo de vertimientos.

Decreto 4741 del 30 de diciembre del 2005.
“reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos

Ministerio de prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente



generados en el marco de la gestión integral”.

Resolución 631 de 2015 *“Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público”.*

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios, incluyendo la actividad de ganadería de porcinos cumpliendo con los parámetros fisicoquímicos. Así mismo el plan de saneamiento y manejo de vertimientos.

Resolución 1541 De 2013 *“Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones”.*

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible

Establece reglas para la recepción de quejas, los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión y la evaluación de las emisiones de olores ofensivos. Así mismo, regula el Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos y Plan de Contingencia. aplican a todas las actividades que generen emisiones de olores ofensivos incluyendo las actividades de producción pecuaria.

Decreto 1500 del 2007 *“Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el*

Ministerio de protección social

Se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control basado en el análisis de riesgos y tendrá por finalidad proteger la vida, la salud humana y el ambiente y prevenir las prácticas que puedan inducir a error, confusión o engaño a los consumidores.

Todo predio de producción debe estar registrado en el ICA, contar con un



Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación”.

plan saneamiento para minimizar y controlar los riesgos asociados a la producción el cual incluye : programa de limpieza y desinfección de las instalaciones, equipos y utensilios, Manejo de los residuos de acuerdo con las normas ambientales, disponer de agua con la calidad y cantidad suficiente, de manera que satisfaga las necesidades de los animales y se eviten riesgos sanitarios y a la inocuidad, programa de manejo integrado de plagas.

Resolución 2640 del 28 de septiembre 2007
“reglamenta las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino destinado al sacrificio para consumo humano”.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA

considera los requisitos mínimos para la ejecución de la actividad pecuaria, determinando como deben ser las instalaciones sanitarias, áreas, almacenamiento de insumos pecuarios, bioseguridad, su limpieza y mantenimiento, y el tratamiento de residuos, tanto peligrosos como ordinarios, en las granjas porcícolas. La granja debe estar escrita en el ICA el cual la entidad enviara visitas para el cumplimiento.

Cumplir como requisito Plan de manejo de residuos líquidos y solidos conforme a la normatividad ambiental así mismo contar con el programa de bioseguridad de esta manera contempla el manejo de la porquinaza líquida y a



través de las estructuras que se usan para el manejo, recolección y tratamiento, como son los biodigestores, el lombricultivo, en compostaje, entre otros.

Fuente: (Instituto Colombiano Agropecuario- ICA, 2007)

4. CAPITULO III

4.1 El biogás como alternativa sostenible y rentable

Cuando nos referimos al biogás como una alternativa económicamente sostenible y natural, se abre un contexto que es importante comprender y contextualizar. Dentro de la economía circular se engloban diferentes aspectos que desarrollan un enfoque claro y diverso, con el objetivo de trabajar en dirección a los sistemas de reutilización y generación energética a partir de las energías renovables. Para entrar en contexto; según el concepto de Acosta & Abreu (2005), la digestión anaerobia lleva a cabo un proceso de fermentación microbiana sin la presencia de oxígeno, de manera que se deriva una serie de gases en mezcla como el metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) principalmente, dentro de un medio líquido residual o lodo que alberga y es el medio de cultivo de los microorganismos encargados de degradar o fermentar la materia orgánica dispuesta.

La producción de biogás a partir de residuos orgánicos conlleva a una transición e interés por sustituir el modelo energético convencional de los combustibles fósiles a partir de la digestión anaerobia, capaz de tratar según Acosta & Abreu (2005) suspensiones diluidas de 1 a 5% de sólidos totales, como también lodos primarios. A partir de los años 70 con la crisis energética se realizaron estudios focalizados a la desintegración del residuo sólido con el fin de disponer un lodo que pueda ser utilizado como biomasa en la digestión convencional, teniendo en cuenta que más del 90% de la energía que se degrada directamente se convierte en metano (CH_4) y tan solo un 10% se consume en el crecimiento y desarrollo bacteriano.

Dentro de los gases que componen el biogás encontramos ciertas proporciones que pueden variar dependiendo del residuo que sea tratado, a continuación se expone en la *Tabla 4* los porcentajes de cada uno de los gases que allí conforman dicho biogás (Martínez Alayón, 1994).



Tabla 4: Componentes del biogás

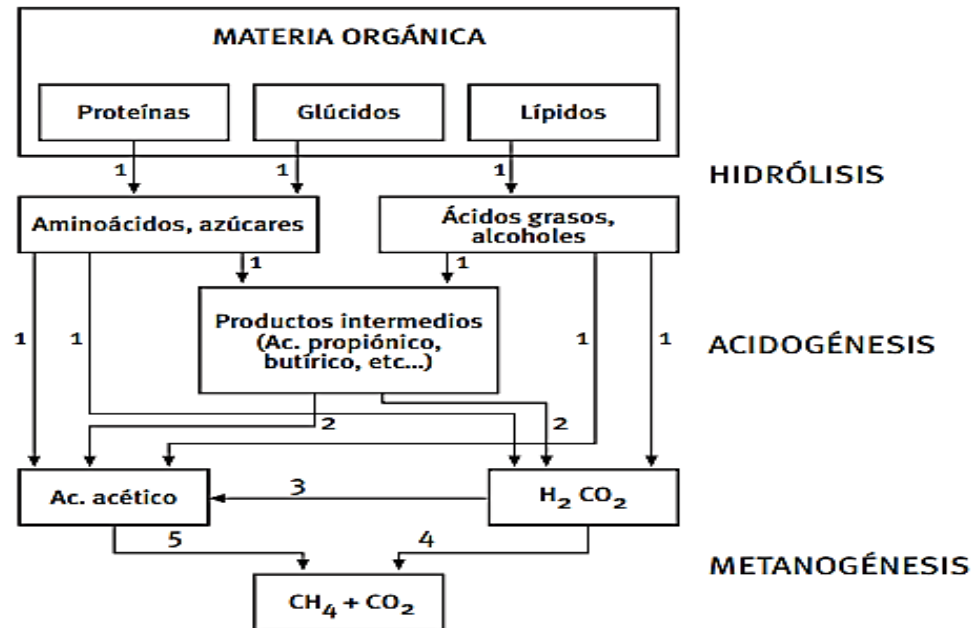
Componentes	Formula química	Porcentaje
Metano	CH ₄	60-70
Gas carbónico	CO ₂	30-40
Hidrogeno	H ₂	1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de Carbono	CO	1.0
Oxigeno	O ₂	1.0
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	1.0

Fuente: adaptado de (Martínez Alayón, 1994)

El proceso llevado a cabo por el biodigestor inicia desde la entrada del efluente a tratar, en donde se llevan cabo varias fases consecuentes y variadas durante el proceso de degradación del substrato, las bacterias anaerobias fermentativas redimen las enzimas, para luego descomponer dichos polímeros, dando pasó a los ácidos grasos, luego son convertidos por las bacterias acetogénicas en acetatos, produciendo hidrogeno como también subproductos derivados de los ácidos grasos que son transformados por las bacterias metanogénicas para entregar agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). En este proceso intervienen 5 poblaciones de microorganismos, que se diferencian por desarrollar velocidades de crecimiento dependiendo de cada compuesto, ya que cada etapa genera diversos comportamientos en dichas velocidades de reacción, según el tipo de substrato y el equilibrio con el que los compuestos inhibidores estimulen la acumulación de ácidos grasos volátiles, generando en el mayor de los casos una alteración a la baja del pH. Existe un limitante que se ve reflejado en la velocidad del proceso que lleva a la etapa más lenta, siendo proporcional a la composición del sustrato que se trabaje, en los sustratos solubles la etapa que más tarda es la metanogenesis, siendo un factor que puede cambiar, adoptando medidas que permitan una concentración más alta de microorganismos acetogenicos y metanogenicos dentro del reactor, optimizando el proceso para generar resultados al cabo de unos días (Besel S.A Departamento de energia, 2007).

A continuación se esquematiza el proceso de la fermentación anaerobia y las cinco poblaciones de microorganismos que intervienen en ella, siendo las bacterias hidrolíticas acidogénicas, bacterias acetogénicas, bacterias homoacetogénicas, bacterias metanogénicas y las bacterias metanogénicas acetoclasticas, que complementan las tres fases a lo largo del proceso de digestión.

Ilustración 13: Fases de la fermentación anaerobia



Fuente: adaptado de (Besel S.A Departamento de energia, 2007)

4.2 Biodigestor anaerobio tipo Taiwán: modelo y aplicabilidad.

El biodigestor es un sistema anaerobio su función es la transformación de la materia orgánica en biogás y abono; la mayoría son construidos en zona rural cerca a establos o porquerizas, su instalación es de bajo costo, funciona a temperaturas muy altas, a mayor temperatura mayor es la eficacia del biodigestor debido al crecimiento bacteriano aumenta las reacciones bioquímicas que se dan en el proceso. (Rincon Galviz & Rubio Jurado, 2016)

Las principales ventajas del biodigestor es el biogás empleado para la cocción de alimentos en zonas rurales que en su mayoría no cuenta con servicio de gas domiciliario creando un aporte al medio ambiente disminuyendo el uso de la leña, evitando la deforestación protegiendo las fuentes hídricas, nacientes y acueductos rurales de abastecimiento de agua para consumo humano,

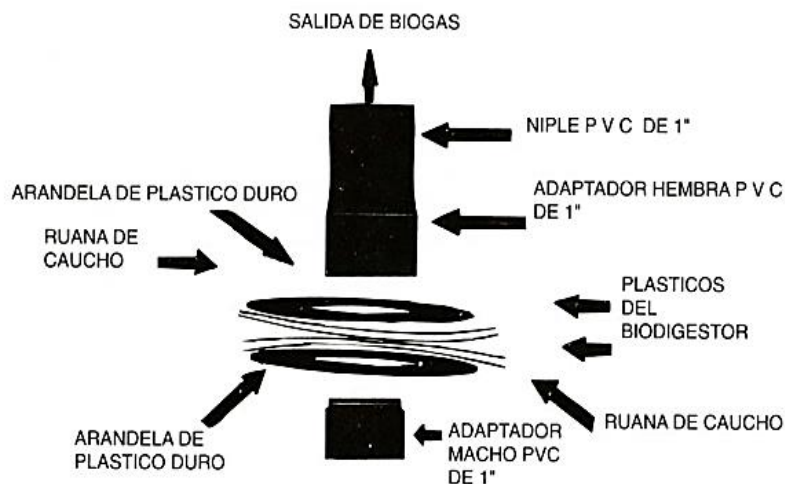


así mismo problemas pulmonares e infecciones respiratorias por el humo que se inhala en fogones de leña; la producción de bioabono utilizado como acondicionador o fertilizante que aportan nutrientes al suelo; genera una fuente de energía renovable y sostenible, económicamente viable, mejora la productividad y la calidad de vida de las familias con productividad porcícola. (Pinzon Fernández, 2016)

La instalación del biodigestor debe realizarse cerca de las porquerizas o establos, las dimensiones deben de hacerse de acuerdo al tipo de plástico a utilizar y la cantidad de gas requerido. En el proceso constructivo se realiza una fosa de forma trapezoidal con medidas aproximadas de un (01) metro de ancho en la parte superior y (0.60) en la parte inferior por un metro de profundidad y el largo varía según la necesidad del porcicultor, se recomienda cubrirla en concreto impermeabilizado para garantizar la vida útil, esta debe contener un tanque en cada extremo el tanque de entrada es donde se almacena los residuos orgánicos líquidos y sólidos para el funcionamiento del biodigestor y en el siguiente se acumula lo que va saliendo, también se puede tomar como alternativa otro tanque adicional para que se recoja el bioabono ya que en el otro el agua y el estiércol en cada tanque se debe instalar un Tubo PVC con una longitud de 0.80m a 1m con diámetro de 4" (pulgadas). (Martinez Alayon , 1994)

Para la bolsa del biodigestor debe ser plástica tubular calibre (07) siete tratado contra los rayos ultravioletas o la bolsa de geomembrana esta se extiende sobre el piso seco verificando que no haya objetos que lo puedan romper, se introduce una bolsa dentro la otra colocando una arandela de caucho a cada extremo para sujetar y evitar el escape de gas, luego se procede a instalar la salida del biogás en el centro de la bolsa, perforando el plástico con un agujero introduciendo un adaptador macho PVC conectando con un niple PVC de 1" o ½" sujetos con arandela como se muestra en la siguiente ilustración. (Martinez Alayon , 1994).

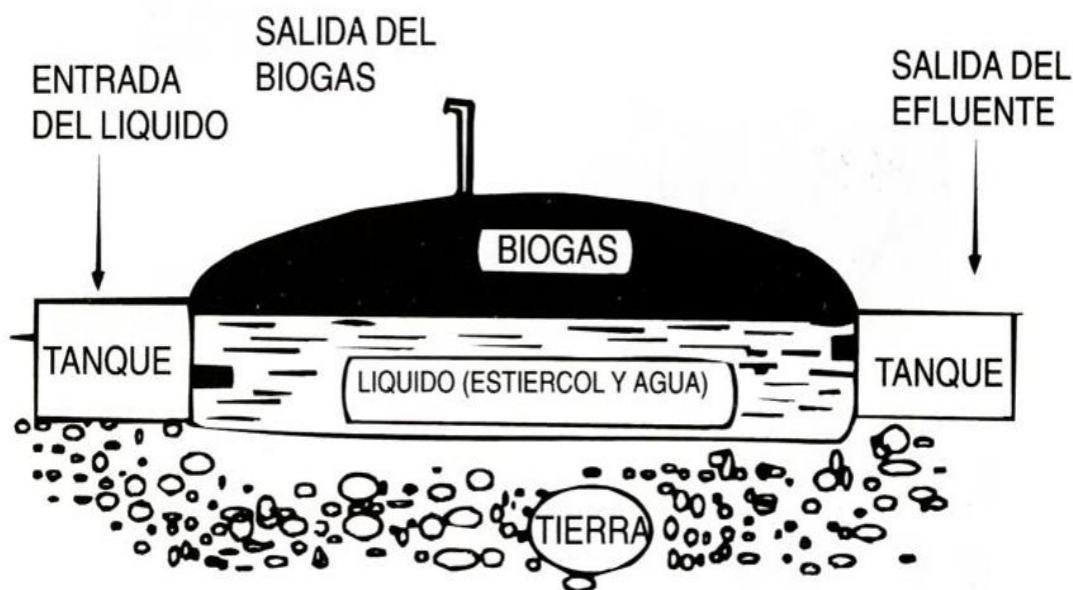
Ilustración 14: Salida del biogás



Fuente: SENA, 1994. (Martinez Alayon , 1994)

Seguidamente de tener amarrado los extremos con banda de caucho se realiza el llenado de la bolsa con aire que se puede realizar mediante un compresor de aire o una motobomba, y el llenado inicial puede realizarse con agua sola o provenientes del lavado de porquerizas sin detergentes, en el tanque de entrada se deposita el material orgánico porquinaza (estiércol y agua) que conduce a través de la tubería a la bolsa y empieza a descomponerse y liberar gas metano que se almacena en la parte superior, este proceso tiene un promedio de 20 a 90 días dependiendo de las altas temperatura que puede llegar hasta 60°C y de la composición de la materia orgánica, se debe construir una válvula de alivio de presión puede ser de forma artesanal utilizando una te y una botella de agua permitiendo liberar el exceso de gas de manera segura y en forme de burbujas en la línea de conducción un poco antes de la llave de paso. El biodigestor debe alimentarse de manera periódica ya que el lixiviado fluido por la tubería de salida es un excelente abono orgánico rico en nitrógeno fosforo y potasio mejorando la producción del suelo, una vez conseguida la presión correcta se permite el paso de la salida de gas a través de la válvula instalada en la línea de conducción en el cual se recomienda instalar un filtro para el ácido sulfhídrico el cual es una gas altamente corrosivo se puede realizar mediante un acople y relleno de esponjilla de metal y de esta manera se continua la línea de gas hasta la estufa. (Distriladam Soluciones Agroeficientes, sin Fecha).

Ilustración 15: Biodigestor Taiwán



Fuente: SENA, 1994

En Norte de Santander en los municipios de Abrego, Durania y Cucutilla a través de la corporación autónoma regional CORPONOR en la vigencia 2018 -2019 se implementó un proyecto de biodigestores en diferentes fincas de estos municipios, construyendo alrededor de sesenta, debido a que las familias utilizan la leña para la cocción de los alimentos deteriorando el ecosistema y los residuos orgánicos se disponían al aire libre o iban directamente a las fuentes hídricas, se dio solución a la problemática evitando que el gas metano se esparsa a la atmosfera, así mismo se mejora la salud pulmonar de las familias beneficiadas. (La Opinión, 2019).

Ilustración 16: Biodigestor en Norte de Santander



Fuente: La opinión, 2019

4.3 Relación enfocada a la economía circular con procesos de producción porcícola

En la economía circular el aprovechamiento energético se fundamenta por las actividades de reincorporación de los residuos líquidos (porquinaza) que se generan a partir de la producción porcícola, de manera que su relación para proyectos sostenibles en la región beneficia de manera directa e indirecta la calidad de vida de las familias campesinas, dedicadas a la crianza y levante de cerdos. También podemos encontrar la versatilidad que posee el biogás en diversas actividades económicas que están a la vanguardia de nuevas tecnologías encaminadas hacia una transición energética reutilizable y sostenible.

Dentro de los beneficios que podemos encontrar en el área ambiental que menciona Fernandez Pinzón (2016), hace referencia al mejoramiento de la calidad de vida de las familias campesinas como la sustitución en los hábitos de utilizar los recursos naturales para suplir las necesidades básicas, como el uso genérico de leña para la cocción de alimentos, lo cual conlleva a un desencadenante e impacto en el medio natural, que progresivamente actividades como la deforestación y afectación a la biodiversidad deterioran a largo plazo fuentes hídricas, ecosistemas estratégicos y la calidad de un futuro sustentable para las nuevas generaciones.



El tratamiento de los efluentes derivados de las porquerizas se le atribuyen beneficios contundentes a los vertimientos y mejora en la calidad con que se disponen las aguas residuales de dichas actividades, según un estudio de la revista Latinoamericana (2001) en una investigación se determino la eficiencia en la eliminación del 100% de coliformes en un periodo de 50 dias, teniendo en cuenta que su desarrollo en el biodigestor se realizo en temporada de verano.

Otro factor determinante en la consolidación de un modelo economico circular se puede evidenciar en los estilos de vida y salud de las familias campesinas, cuando se previene problemas de intoxicación por utilizar fuentes de energia que generen material particulado o en ocasiones sean toxicos y deterioren la calida de vida, los problemas respiratorios son muy comunes en las fincas que cocinan con leña, esta exposición afecta las vias respiratorias y predispone a enfermedades como la bronquitis cronica, asma y cancer pulmonar. Desde otro punto de vista el ahorro economico es un factor muy llamativo para aquellas familias que invierten tiempo y dinero en conseguir la materia prima en este caso la leña, para usos domesticos, calefacción o cocina, de manera que encontramos un estímulo para aquellas familias que puedan generar energia a partir de los residuos liquidos de actividades porcicultoras y se beneficien de un nuevo modelo economico circular y sostenible (Fernandez Pinzón , 2016).

Para llevar esta relación a un contexto regional como es el caso especifico en Norte de Santander encontramos un proyecto sostenible en tres municipios del departamento: Ábrego, Durania y Cucutilla, alrededor de 60 biodigestores ya en ejecución, según la subdirectora de planeación de Corponor, Mela Álvarez afirma que la implementación de dichos biodigestores modelo Taiwan contribuyen a la mitigación y recirculación de residuos liquidos aprovechables derivado de actividades porcicultoras o ganaderas en mencionados municipios en desarrollo, como tambien contrarestar el impacto generado por vertimientos a fuentes hidricas y suelos fertiles utilizados en actividades agropecuarias. Corponor reconoce la problemática que existen el manejo de vertimiento de aguas residuales en zonas rurales, en donde la mayor parte no cuenta con una red de alcantarillado y saneamiento basico, configurando una problemática de salud publica debido a la baja calida de agua para uso y consumo humano, de tal manera que las nuevas alternativas sostenibles y de aprovechamiento energetico podrian encaminar a un cambio progresivo y conservacionista que apoye un modelo economico circular y armonico con las probleamticas especificas que tiene cada región, con esto se puede cambiar las dinamicas obsoletas de una



economía lineal y desinteresada por el cuidado de los recursos naturales que deben prevalecer en el tiempo y en las necesidades de las nuevas generaciones (Vilchez B, 2019).

5. CONCLUSIONES

Dentro de los aspectos que encontramos en la economía circular con relación a la generación de biogás y aprovechamiento, podemos abordar diferentes beneficios que pueden mejorar la calidad de vida de las familias dedicadas a la porcicultura, esto con el fin de estimular nuevos proyectos que puedan ser aplicados en más municipios de la región con el acompañamiento de entidades gubernamentales comprometidos con el desarrollo sostenible.

La economía circular en Colombia posee un gran potencial energético que puede ser aprovechado desde la implementación de proyectos sostenibles, enfocado a las necesidades y buscando solución a las problemáticas e impactos que afecten el medio natural, esto implica un paso hacia un modelo económico diversificado y competidor con las nuevas tendencias de desarrollo sostenible a nivel nacional y latinoamericano, que puede llegar a ser un nuevo comienzo para que desde la educación ambiental y la investigación se desarrollen nuevas tecnologías alternativas y asequibles a las familias campesinas emprendedoras.

Las alternativas en proyectos de aprovechamiento y valoración energética que podemos encontrar en la región en cuanto a la generación de biogás, puede evidenciar una relación directa con la disminución de gastos externos que las familias campesinas generaban con la disposición de sus residuos líquidos sin realizar un tratamiento o aprovechamiento previo de los mismos, de manera que los métodos alternativos y de bajo costo como los biodigestores tipo Taiwán resuelven tal problemática e impactan positivamente en el pre – tratamiento y disposición final de las aguas residuales que constantemente se vierten a cuerpos de agua, afectando su calidad y generando problemas de salud pública para las comunidades aledañas.

Como respuesta mitigable a los impactos generados por los gases de efecto invernadero que genera los residuos líquidos, producto de las actividades porcícolas, se evidencia un aporte considerable que brinda la biodigestión anaerobia y la factibilidad con que se beneficia desde diferentes aspectos como la salud de las familias, reemplazando los recursos que se utilizaban para actividades domésticas o industriales, con modelos similares pero con enfoques más encaminados a la bioeconomía y la valoración económica ambiental.



6. BIBLIOGRAFÍA

Ambiental , C. (2018). *Económica de flujo de Materiales Residuos sólidos*. Bogota - Colombia: DANE. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuentas-residuos/Pt-Cuenta-Residuos-2016p.pdf.

Arbués Gracia , F. ([s.f]). *¿TIENE EL MEDIO AMBIENTE UN CONTENIDO ECONOMICO?* Sevilla: Acciones e investigaciones sociales. Obtenido de <file:///C:/Users/Andres%20felipe%20Lara/Downloads/Dialnet-TieneElMedioAmbienteUnContenidoEconomico-170180.pdf>

Blandon M., L. (1996). *Reseña de "economia de los recursos naturales y medio ambiente"* Pearce et al. Bogota, Colombia: U Nacional. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/113/11311110.pdf>

Castillo Salgado , P. E. (2018). *DISEÑO METODOLÓGICO PARA INDAGAR EL ESTADO ACTUAL DE LA ECONOMIA CIRCULAR EN COLOMBIA*. Bogota - Colombia: Universidad Javeriana. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/41653/Documento.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Cerdá , E., & Khalilova, A. (2016). *Economía circular*. Barcelona: Celeste Ediciones. Obtenido de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>

Dasgupta , P. (1990). *THE ENVIRONMENT AS A COMMODITY*. Stanford: Oxford Review of Economic Policy. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/23606114>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2003). *Ficha tecnica del censo de la actividad porcicola tecnificada*. Bogotá: DANE. Obtenido de file:///D:/DATOS/Downloads/porcicultura/SUBCAPITULO%201/I-Censo_Porcicola_2003.pdf



Distriladam Soluciones Agroeficientes. (sin Fecha). *Produccion de biogas y fertilizantes organicos*. Bogotá: Distriladam. Obtenido de https://www.distriladam.com/public/uploads/1_Cartilla_BIODIGESTOR_DistriLadam_1.pdf

DNP. (2016). *Informe Nacional de Aprovechamiento*. Bogota: Gobierno Nacional. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/22.%20Informa%20de%20Aprovechamiento%20187302.pdf>

Enríquez Hidalgo , A. M., & Jurado Eraso , M. A. (2016). *Análisis del arranque y estabilización de un biodigestor anaerobio Taiwán*. Nariño, Colombia: SENA. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Andres-Enriquez-Hidalgo/publication/343481918_Analisis_del_arranque_y_estabilizacion_de_un_biodigestor_anaerobio_Taiwan_en_condiciones_psicrofilas_en_el_SENA_Narino-Colombia/links/5f2c2e84299bf13404a85113/Analisis-del-

Florez Quintero, Y. C. (2017). *Acompañamiento tecnico a granjas porcicolas del Carmen Norte De Santander*. Ocaña: universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de <file:///D:/DATOS/Downloads/porcicultura/SUBCAPITULO%201/granjas%20porcicolas%20el%20carmen%20NS.pdf>

García Arbeláez, C., Barrera, X., Gómez, R., & Suárez Castaño, R. (2015). *El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21*. Bogota. Obtenido de <https://www.wwf.org.co/?248415/El-ABC-de-los-compromisos-de-Colombia-para-la-COP-21>

Gobierno de Colombia. (2018). *Economia Circular*. Bogota: Cempre. Obtenido de <https://cempre.org.co/cempre/wp-content/uploads/2018/11/ECONOMI%CC%81A-CIRCULAR-1.pdf>

Hodson de Jaramillo , E., Guy , H., & Trigo, E. (2019). *La bioeconomía: Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina*. Bogota - Colombia : Pontificia Universidad Javeriana.



ICA, I. A. (2021). *Censo pecuario nacional 2022*. Obtenido de [https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-](https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018#:~:text=Una%20vez%20implementado%20este%20cambio,de%20producci%C3%B3n%20comercial%20y%20tecnificada.)

2018#:~:text=Una%20vez%20implementado%20este%20cambio,de%20producci%C3%B3n%20comercial%20y%20tecnificada.

Instituto Colombiano Agropecuario- ICA. (2007). *Reglamenta las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción pecuaria en el ganado porcino destinado al sacrificio del consumo humano*. Bogotá: ICA. Obtenido de <file:///D:/DATOS/Downloads/porcicultura/SUBCAPITULO%202/Resolucion-ICA-2640.pdf>

Jiménez Botello, D. C. (2019). *Evaluación de impacto ambiental productivo de la implementación de pequeñas unidades productivas familiares de porcinos de ceba en los corregimientos de agua de la virgen, Llano de los trigos y Venadillo del Municipio de Ocaña, Norte de Santander*. Ocaña: Francisco de Paula de Santander. Obtenido de <file:///D:/DATOS/Downloads/porcicultura/SUBCAPITULO%201/evaluacion%20de%20impacto%20ambiental%20porcicultura.pdf>

La Opinión. (2019). *Gas metano con sello biosostenible en Norte de Santander*. Norte de Santander: prensa la opinion. Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/region/gas-metano-con-sello-biosostenible-en-norte-de-santander>

Martínez Alayón, J. (1994). *El Biodigestor una alternativa energética y ecológica*. Cundinamarca: Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA.

McDowal, W., Geng, Y., Huang, B., Bartekova, E., Bleischwitz, R., & Turkeli, S. (2017). *Circular Economy Policies in China and Europe*. Stanford: Journal of Industrial.

Pearce, & Turner, R. (1995). *Economía de los recursos naturales y medio ambiente*. Madrid: Colegio de economistas. Obtenido de https://catoute.unileon.es/discovery/fulldisplay?vid=34BUC_ULE:VU1&search_scope=CourseReserves&tab=cursos&docid=alma991006431599705772&context=L



- Pérez, V. K. (2018). *MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR TEXTIL EN COLOMBIA BASADO EN EL MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR*. Bogota: Unimilitar. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20378/CastroPerezVivianaKatherine2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pinzon Fernández, C. A. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LAS FAMILIAS CAMPESINAS*. Huila, Colombia. Obtenido de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/riag/article/view/1438/1571>
- Planeación, D. N. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo*. Bogota: DNP. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/>
- Prieto Sandoval , V., Jaca , C., & Ormazabal , M. (2017). *Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación*. San Sebastian, España: TECNUM. Obtenido de <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308/366>
- Puerta Comas, R. (2015). *Implementacion y mejoramiento agropecuario de la granja de establecimiento penitenciario de mediana seguridad y carcelario de Ocaña*. Ocaña: Franciso de Paula de Santander. Obtenido de <file:///D:/DATOS/Downloads/porcicultura/SUBCAPITULO%201/granja%20centro%20penitenciaroo%20de%20oca%C3%B1a.pdf>
- Redondo Ramirez , M. I., Duque Gomez , C. C., Lopez Buritica , L. V., Hernández Ramírez , L. J., & Ruiz Tamayo , D. (2019). *LA ECONOMÍA CIRCULAR EN COLOMBIA: UN PARALELO CON LA EXPERIENCIA EUROPEA*. Pereira - Colombia: Unilibre. Obtenido de <file:///C:/Users/Andres%20felipe%20Lara/Downloads/Dialnet-MemoriasDelIIICongresoInternacionalEnAdministracio-746049.pdf>
- Rincon Galviz , m. A., & Rubio Jurado, A. X. (2016). *Diagnóstico y evaluación de tecnologías utilizadas para el tratamiento de porquinaza en las granjas porcícolas de Colombia*. Bogota: ciencia unisalle. Obtenido de



file:///D:/DATOS/Downloads/porcicultura/SUBCAPITULO%201/poquinaza%20en%20g
ranjas%20porcicolas%20de%20Colombia.pdf

Social, C. N. (2016). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS*. Bogota: CONPES. Obtenido de
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co