



**Universidad de artes ciencias y comunicación
facultad de administración
carrera de ingeniería comercial**

BIOGÁS COMO ENERGÍA RENOVABLE

**UTILIZACIÓN DE GAS METANO
DE LA INDUSTRIA GANADERA Y
LECHERA PARA LA UTILIZACIÓN
DE COMBUSTIBLE DE
AUTOMÓVILES EN CHILE.**

**Proyecto de título para optar al grado académico de
licenciado en ciencias en la administración de empresas
y al título profesional de ingeniería comercial.**

Profesora Guía: Marjorie Caldera Calvert.

Estudiante: Pablo Ormeño Fredes.

Santiago de Chile, Enero de 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi familia, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo y sabiduría a lo largo de esta travesía académica. Su amor incondicional y constante aliento han sido el motor que me impulsa a alcanzar mis metas. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis profesores y amigos, cuya guía y camaradería han enriquecido mi experiencia universitaria. Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que han creído en mí y me han acompañado en este fascinante viaje de aprendizaje. A mi familia, amigos y mentores, gracias por ser la inspiración detrás de cada paso que he dado en el camino hacia la culminación de mi carrera en Ingeniería Comercial.

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este arduo y gratificante viaje académico, he acumulado deudas de gratitud que no pueden expresarse completamente en estas líneas. En primer lugar, a mi familia, les debo todo. Su apoyo incondicional, amor y comprensión han sido el sostén emocional que necesitaba para superar los desafíos. A mis padres, en particular, les agradezco por ser modelos a seguir y por inculcarme valores que han guiado mis elecciones.

También quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi profesora Marjorie Caldera Calvert, cuya dedicación y orientación han sido fundamentales en el desarrollo de este trabajo. Su sabiduría y paciencia han sido fuentes invaluable de aprendizaje.

Por último, agradezco a todos aquellos amigos que estuvieron a mi lado durante esta travesía. Sus palabras de aliento y momentos compartidos hicieron que este camino fuera más llevadero.

Este logro no es solo mío, sino de todos aquellos que, de alguna manera, han dejado una huella en mi viaje académico. A todos ustedes, gracias por ser parte de este capítulo significativo en mi vida.

BIOGÁS COMO ENERGÍA RENOVABLE

UTILIZACIÓN DE GAS METANO DE LA
INDUSTRIA GANADERA Y LECHERA
PARA LA UTILIZACIÓN DE
COMBUSTIBLE DE AUTOMÓVILES EN
CHILE.

RESUMEN

En Chile, la implementación del biogás como combustible para automóviles ha ido ganando impulso como una alternativa sostenible y eficiente. Este combustible, derivado de la descomposición anaeróbica de materia orgánica, se presenta como una opción prometedora para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte. A través de la producción de biogás a partir de residuos orgánicos, como estiércol, se establece una solución integral que no solo contribuye a la gestión sostenible de residuos, sino que también ofrece una fuente de energía renovable. Se investigó la viabilidad de implementación de flotas de vehículos que utilizan biogás en Chile, ya sea a través de la adaptación de motores a la tecnología de combustión dual o mediante la conversión directa a gas natural comprimido (GNC), que esta última ha experimentado un aumento significativo a nivel mundial. Este cambio hacia el biogás en el transporte no solo alinea a Chile con sus objetivos de reducción de emisiones, sino que también impulsa la diversificación de la matriz energética y fomenta la investigación en tecnologías más limpias. Sin embargo, persisten desafíos, como la necesidad de infraestructuras de recarga y distribución más amplias y la optimización de la cadena de suministro de biogás. A pesar de estos obstáculos, el impulso hacia una movilidad más sostenible en Chile se ve respaldado por iniciativas gubernamentales y privadas que buscan acelerar la adopción del biogás en el sector automotriz, demostrando así un compromiso continuo con la transición hacia una movilidad más limpia y respetuosa con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVES

Metano, biogás, energía renovable, gestión de residuos, gases de efecto invernadero, innovación tecnología, emisión de gases, industria ganadera, industria lechera, política gubernamental.

ABSTRACT

In Chile, the implementation of biogas as a fuel for automobiles has been gaining momentum as a sustainable and efficient alternative. This fuel, derived from the anaerobic decomposition of organic matter, emerges as a promising option to reduce dependence on fossil fuels and mitigate greenhouse gas emissions in the transportation sector. Through the production of biogas from organic waste, such as manure, a comprehensive solution is established that not only contributes to sustainable waste management but also provides a renewable energy source. The feasibility of implementing vehicle fleets using biogas in Chile was investigated, either through the adaptation of engines to dual-fuel technology or through direct conversion to compressed natural gas (CNG), the latter of which has experienced a significant global increase. This shift towards biogas in transportation not only aligns Chile with its emission reduction goals but also promotes the diversification of the energy matrix and encourages research into cleaner technologies. However, challenges persist, including the need for broader recharging and distribution infrastructure and the optimization of the biogas supply chain. Despite these obstacles, the momentum towards more sustainable mobility in Chile is supported by government and private initiatives aiming to accelerate the adoption of biogas in the automotive sector, demonstrating an ongoing commitment to transitioning towards cleaner and environmentally-friendly mobility.

KEYWORDS

Methane, biogas, renewable energy, waste management, greenhouse gases, technology innovation, gas emissions, livestock industry, dairy industry, government policy.

Contenido

| | |
|--|----|
| 1.CONTEXTUALIZACIÓN Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 8 |
| 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN | 8 |
| 1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 10 |
| 2. OBJETIVOS Y TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 11 |
| 2.1 OBJETIVOS Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 11 |
| 2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y LAS LIMITACIONES DEL ESTUDIO | 13 |
| 3. MARCO EPISTÉMICO..... | 14 |
| 3.1 DEFINICIÓN MARCO EPISTÉMICO | 14 |
| 3.2 SABER Y CONCEPTOS RELACIONADOS..... | 15 |
| GAS METANO | 15 |
| INDUSTRIA LECHERA EN CHILE | 17 |
| INDUSTRIA GANADERA EN CHILE | 19 |
| COMBUSTIBLE DE AUTOMÓVILES..... | 19 |
| 1) Ventajas del Uso de Gas Metano en Vehículos..... | 20 |
| 2) Desventajas del Uso de Gas Metano en Vehículos | 21 |
| 3.3. FUENTES DE CONOCIMIENTO | 22 |
| 3.3.1 EXPERTOS E INVESTIGADORES CHILENOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO ... | 24 |
| 3.4 CRITERIOS DE CONOCIMIENTO | 25 |
| 3.5 TIPOS DE CONOCIMIENTO POSIBLE:..... | 26 |
| 3.6 GRADO DE CERTEZA | 26 |
| 3.7 RELACIÓN ENTRE EL QUE CONOCE Y EL OBJETO CONOCIDO:..... | 26 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 27 |
| 4.1 ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PREVIAS | 27 |
| 4.2 SOPORTE TEÓRICO, CONTEXTUAL Y LEGAL: | 28 |
| i) Políticas Energéticas Chilenas | 29 |
| ii) Políticas Ambientales Chilenas..... | 30 |
| 4.3 APORTE NOVEDOSO DEL PROYECTO | 31 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 32 |

| | |
|--|----|
| 5.1 BUSQUEDA DE INFORMACIÓN, INVESTIGACIÓN POR FUENTES EXTERNAS | 33 |
| 5.2 METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE DATOS | 33 |
| 5.3 METODOLOGÍA DEL INFORME FINAL..... | 35 |
| 5.4 METODOLOGÍA DE CONTINUIDAD Y SEGUIMIENTO | 35 |
| 6. RESUMEN MARCO METODOLÓGICO | 36 |
| 7. ANÁLISIS DE CAMPO..... | 38 |
| 7.1 CONTAMINACIÓN DE METANO DE LA INDUSTRIA GANADERA A NIVEL MUNDIAL..... | 38 |
| 7.1.1 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA GANADERÍA E INDUSTRIA LECHERA..... | 40 |
| 7.2 EL BIOMETANO Y LA ECONOMÍA CIRCULAR | 41 |
| 7.3 ELABORACIÓN DEL BIOMETANO | 43 |
| 7.4 FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE BIOGÁS..... | 45 |
| 7.5 VEHÍCULOS PROPULSADOS POR BIOGÁS | 47 |
| 7.6 SITUACIÓN INTERNACIONAL SOBRE EL BIOGÁS | 54 |
| 7.7 SITUACIÓN NACIONAL SOBRE EL BIOGÁS | 59 |
| CONCLUSIONES..... | 62 |
| RECOMENDACIONES..... | 65 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 68 |

1.CONTEXTUALIZACIÓN Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Cuidar el planeta es de vital importancia, ya que la Tierra es nuestro único hogar conocido en el vasto universo. Nuestra supervivencia y calidad de vida dependen de la salud de nuestro entorno natural, que nos provee de recursos vitales como el aire limpio, el agua potable, los alimentos y un clima estable. Además, la biodiversidad que habita en nuestro planeta es fundamental para la estabilidad de los ecosistemas y para el avance de la ciencia y la medicina. La protección del medio ambiente no solo es una responsabilidad moral, sino también una necesidad pragmática para garantizar un futuro sostenible para las generaciones presentes y futuras.

Además de salvaguardar nuestros recursos esenciales y preservar la biodiversidad, la conservación del medio ambiente también está estrechamente relacionada con la mitigación del cambio climático. Las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que está contribuyendo al calentamiento global y sus consecuencias devastadoras, como el aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos y la pérdida de hábitats naturales. Al tomar medidas para proteger y restaurar nuestro planeta, no solo estamos cuidando de nuestra propia supervivencia, sino que también estamos haciendo nuestra parte para preservar la diversidad de la vida en la Tierra y garantizar un futuro habitable para todas las especies.

El metano (CH₄) emitido por la industria ganadera y la industria lechera es una preocupación importante debido a su poderoso efecto de calentamiento global. El metano es un gas de efecto invernadero mucho más eficaz para atrapar el calor en la atmósfera que el dióxido de carbono (CO₂), aunque su vida útil en la atmósfera es más corta. En términos de la contribución al cambio climático, se estima que el metano proveniente de la industria ganadera representa una proporción significativa de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Aproximadamente, el 14.5% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero provienen del ganado, según datos del Informe Especial del IPCC sobre el calentamiento global de 1.5 °C¹. La principal fuente de estas emisiones de metano en la ganadería proviene de la digestión de rumiantes, como las vacas, ovejas y cabras, durante el proceso de fermentación entérica.

Dado el impacto del metano en el calentamiento global y el cambio climático, se están realizando esfuerzos para encontrar formas de reducir estas emisiones en la industria ganadera y lechera, como la mejora de la gestión de estiércol, la dieta de los animales y la recolección de gases de metano para su uso como fuente de energía. La mitigación de las emisiones de metano de la industria ganadera es una parte importante de los esfuerzos globales para abordar el cambio climático y reducir su huella ambiental.

Es por ello por lo que el biogás² desempeña un papel crucial en la búsqueda de soluciones sostenibles para enfrentar los desafíos medioambientales y energéticos actuales. Se produce a través de la descomposición anaeróbica de materia

¹ IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*. (s. f.).
https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

² ¿Qué es el biogas y cómo se obtiene? Conoce sus ventajas | Repsol. (2023, 13 septiembre). REPSOL.
<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biogas/index.cshtml>

orgánica, como residuos agrícolas, estiércol, y desechos alimentarios, y es una fuente de energía renovable y limpia.

La importancia del biogás radica en su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al capturar el metano, un potente gas de efecto invernadero, durante el proceso de descomposición. Además, el biogás puede utilizarse para generar electricidad y calor, así como para sustituir a los combustibles fósiles en sectores como el transporte y la calefacción, contribuyendo así a la transición hacia una economía más verde y sostenible, al tiempo que reduce la dependencia de los recursos no renovables. En resumen, el biogás es una alternativa ambientalmente amigable que ayuda a cuidar el planeta al mitigar el cambio climático y promover la utilización responsable de los recursos naturales.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Siguiendo con la importancia de cuidar el planeta los vehículos que emplean energía fósil, como la gasolina y el diésel, son una importante fuente de contaminación ambiental, emitiendo gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), que contribuyen al cambio climático, así como óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas finas, hidrocarburos volátiles y monóxido de carbono, que afectan negativamente la calidad del aire y la salud humana. Estos contaminantes pueden causar problemas respiratorios, cardiovasculares y otros trastornos de salud, además de contribuir a la formación de smog y la lluvia ácida, lo que subraya la importancia de promover alternativas más limpias y sostenibles en el transporte.

Es por ello ahora sabiendo los efectos negativos de la industria automóvil, la industria ganadera y la industria lechera:

- ¿Podemos utilizar el gas metano como combustible para automóviles en Chile?

Ahora bien, teniendo la pregunta central me surgen otras preguntas con relación al tema a investigar:

- ¿Se puede ocupar biogás en automóviles?
- Si es así, ¿Cuánto rinde?
- ¿rinde más que el combustible fósil?
- ¿Es rentable la producción de biogás en el país?
- ¿Con la industria ganadera y lechera establecida en Chile, se puede producir biogás en grandes cantidades?

2. OBJETIVOS Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

2.1 OBJETIVOS Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general que se plantea en este trabajo de investigación es el de investigar la viabilidad de emplear el gas metano producido de la industria ganadera y la industria lechera para la producción de Biogás, así como evaluar la posibilidad de transformarla en energía para automóviles en Chile.

Con la intención de profundizar en el estudio de proceso, y teniendo en cuenta los medios disponibles, se propusieron los siguientes objetivos específicos.

1. Determinar la viabilidad del gas metano emitido por la industria ganadera en Chile como cultivo energético con el fin de producir biogás. Como objetivos específicos se plantean:
 - a. Investigar la industria ganadera a nivel mundial.

- b. Investigar las emisiones de gas metano emitido por la industria ganadera a nivel mundial.
 - c. Estudiar mediante investigaciones externas la industria ganadera en Chile.
 - d. Estudiar mediante investigaciones externas la posibilidad de transformar en gran volumen el metano de la industria ganadera en Chile en biogás.
 2. Determinar la viabilidad del gas metano emitido por la industria Lechera en Chile cómo cultivo energético con el fin de producir biogás. Cómo objetivos específicos se plantean:
 - a. Investigar la industria lechera a nivel mundial.
 - b. Investigar las emisiones de gas metano emitido por la industria lechera a nivel mundial.
 - c. Estudiar mediante investigaciones externas la industria lechera en Chile.
 - d. Estudiar mediante investigaciones externas la posibilidad de transformar en gran volumen el metano de la industria lechera en Chile en biogás.
 3. Investigar las diversas formas de transformar el gas metano en Biogás. Cómo objetivos específicos de plantean:
 - a. Investigar de forma externa las diversas formas de transformar el gas metano en biogás que se pueda ocupar como combustible para automóviles.
 - b. Determinar de todas las formas de transformación de gas metano a biogas, cual es la más rentable y factible para realizarse en territorio nacional.

- c. Analizar factores críticos de cambios del análisis PESTAL, específicamente el factor Político, ambiental, tecnológico y legal en Chile para la producción de Biogás.

2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y LAS LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Debido a la naturaleza del estudio, factores como recursos y tiempo, se ha determinado que la investigación será investigación exploratoria³, usando métodos lógicos⁴ y teniendo como fuentes de investigación fuentes secundarias⁵ mediante fuentes como:

- Boletines, publicaciones, estudios de instituciones estatales, no gubernamentales, ministerios, fundaciones, cámara de comercio, entre otras.
- Asociaciones profesionales por sector de actividad, agrupaciones, etc.
- Organismos privados.
- Literatura: Libros, folletos, revistas, memorias, etc.

Ya sabiendo el tipo de investigación dependiendo de los objetivos, la profundidad del estudio a realizar y los datos a estudiar podemos determinar que el tiempo para realizar la investigación corresponde al periodo de la duración del Ramo académico “Taller de titulación” impuesto por la universidad UNIACC.

³ La investigación exploratoria tiene el objetivo de investigar y analizar información específica que no ha sido profundamente estudiada. Es decir, se encarga de tener un primer acercamiento para que posteriormente, se pueda hacer una investigación más detallada.

⁴ Se basa en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis.

⁵ Son los datos ya disponibles, es decir, son estadísticas o datos obtenidos en anteriores estudios que sirve para el propósito de la investigación. Su particularidad es que es poco costosa y a veces gratuita e información heterogénea.

3. MARCO EPISTÉMICO

3.1 DEFINICIÓN MARCO EPISTÉMICO

Un marco epistémico, según autores como Popkewitz (2007)⁶ y Ravitch y Carl (2016)⁷, es un constructo teórico que establece las creencias, supuestos y enfoques metodológicos que guían la investigación. Ofrece una estructura filosófica y conceptual que define cómo se adquiere y se genera el conocimiento en un campo de estudio específico, incluyendo las fuentes de información, las teorías subyacentes, los métodos de investigación y los criterios para evaluar la validez y fiabilidad del conocimiento. También Ludwik Fleck⁸ y su trabajo "Génesis y desarrollo de un hecho científico" explica que el marco epistémico, también conocido como marco de conocimiento, es un conjunto estructurado de creencias, principios y paradigmas que influyen en la manera en que una comunidad científica o disciplina particular percibe, investiga y comprende la realidad. Este concepto es esencial para entender cómo se construye y organiza el conocimiento en un campo de estudio específico.

Podemos decir entonces en base a los autores recién señalados que este marco epistémico proporciona la base desde la cual voy a abordar y entender la investigación, influyendo en nuestras perspectivas y enfoques para la construcción

⁶ Thomas S. Popkewitz "Cosmopolitanism and the Age of School Reform: Science, Education, and Making Society by Making the Child" (2007).

⁷ Sharon M. Ravitch & Nicole Mittenfelner Carl "Qualitative Research: Bridging the Conceptual, Theoretical, and Methodological" (2016).

⁸ Ludwik Fleck (1896-1961) fue un médico, microbiólogo y filósofo de la ciencia polaco-judío. Es conocido por su contribución a la epistemología y la filosofía de la ciencia. Fleck es famoso por su obra "Génesis y desarrollo de un hecho científico" ("Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache"), publicada en 1935.

del conocimiento e investigación sobre el uso del biogás para la utilización como combustible en automóviles.

3.2 SABER Y CONCEPTOS RELACIONADOS

GAS METANO:

Autores como R.C. Brown y J.R. Stamey en su libro "The Chemistry of the Atmosphere" proporcionan una base sólida y comentan que el gas metano se forma principalmente durante la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno, como en los procesos de digestión de rumiantes, la fermentación de residuos orgánicos y la descomposición anaeróbica de lodos de depuradoras de aguas residuales y finalmente comentan que metano es un gas de efecto invernadero y también puede utilizarse como fuente de energía.

1) PROPIEDADES QUÍMICAS DEL METANO:

- a) Fórmula Química: El metano se representa con la fórmula química CH_4 , lo que significa que está compuesto por un átomo de carbono (C) y cuatro átomos de hidrógeno (H).
- b) Enlace Covalente: El metano es un hidrocarburo simple y gaseoso que consiste en enlaces covalentes entre el carbono y el hidrógeno. Los enlaces son fuertes y no polares, lo que lo hace no reactivo en condiciones normales.
- c) Peso Molecular: El peso molecular del metano es de aproximadamente 16 g/mol.

2) PROPIEDADES FÍSICAS DEL METANO:

- a) Fase a Temperatura Ambiente: El metano es un gas incoloro e inodoro a temperatura ambiente y presión atmosférica. Es el principal componente del gas natural.
- b) Punto de Ebullición y Fusión: El metano tiene un punto de ebullición extremadamente bajo, alrededor de -161 grados Celsius, y un punto de fusión de -182 grados Celsius.
- c) Densidad: El metano es menos denso que el aire, lo que significa que tiende a elevarse y dispersarse en la atmósfera.
- d) Inflamabilidad: El metano es altamente inflamable y puede arder en presencia de oxígeno.

3) FUENTES DE EMISIÓN DEL METANO:

- a) Producción Animal: Una de las fuentes más significativas de emisión de metano es la digestión entérica de rumiantes, como el ganado vacuno y ovino. En el proceso de fermentación en el estómago de estos animales, se libera metano como un subproducto.
- b) Desechos Orgánicos: La descomposición anaeróbica de materia orgánica, como estiércol animal y residuos orgánicos en vertederos, es una fuente importante de emisión de metano.

- c) Extracción de Combustibles Fósiles: Las fugas de metano también pueden ocurrir durante la extracción y transporte de combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural.
- d) Fuentes Naturales: Los procesos naturales, como los humedales y los volcanes, también emiten metano en la atmósfera.

4) POTENCIAL DEL METANO COMO BIOGÁS:

“El metano tiene un alto potencial como biogás debido a su capacidad para ser producido a partir de la digestión anaeróbica de materia orgánica, como estiércol, residuos agrícolas o lodos de aguas residuales. Se puede utilizar como fuente de energía renovable para la generación de electricidad y calefacción, así como como combustible para vehículos”⁹ (Manuel del biogás, 2011).

La producción de biogás a partir del metano puede contribuir a la reducción de emisiones de metano a la atmósfera y a la gestión sostenible de residuos orgánicos. Para utilizar el metano como biogás, se requiere un proceso de recolección y almacenamiento adecuado, así como tecnología para su conversión y uso eficiente.

INDUSTRIA LECHERA EN CHILE:

La industria lechera en Chile es una actividad agrícola importante y se ha desarrollado significativamente a lo largo de los años. Autores como A. Garcia-Gonzalez y R. Marañón en su artículo "Environmental impact of three alternative pig

⁹ Recuperado del Manual del biogás, Ministerio de Chile, 2011: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

waste management systems: A life cycle assessment¹⁰ ofrecen información sobre los procesos y desafíos ambientales relacionados con la industria ganadera.

Detalles clave:

- a) Producción de Leche: Chile produce una cantidad sustancial de leche. Las principales regiones lecheras se encuentran en el sur del país, incluyendo las regiones de Los Lagos y Los Ríos. En 2020, Chile produjo aproximadamente 2.7 mil millones de litros de leche¹¹ (ODEPA, 2022).
- b) Productos Lácteos: La leche se utiliza para producir una variedad de productos lácteos, incluyendo leche fluida, quesos, mantequilla, yogur, y otros derivados. Los quesos chilenos son especialmente reconocidos por su calidad y diversidad.
- c) Tecnología y Calidad: La industria lechera chilena ha avanzado en términos de tecnología de producción y control de calidad. Esto ha llevado a una producción de leche de alta calidad y productos lácteos competitivos en el mercado.
- d) Exportaciones: Chile exporta productos lácteos a varios mercados internacionales, incluyendo países de América Latina y Asia. Las exportaciones de quesos y leche en polvo son particularmente significativas.

Emissiones de Gas Metano en la Industria Lechera: La industria lechera puede ser una fuente de emisiones de gas metano debido a la fermentación entérica en los estómagos de los rumiantes, como las vacas.

¹⁰ Artículo recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619331750>

¹¹ Información recuperada de la ODEPA: <https://www.odepa.gob.cl/rubros/leche-y-derivados>

INDUSTRIA GANADERA EN CHILE:

La industria ganadera en Chile se centra en la producción de carne bovina y ovina, y también es un componente importante de la economía y la producción de alimentos del país¹².

- a) Ganadería de Carne: Chile tiene una producción de carne bovina significativa, y la ganadería se cría en diversas regiones. La carne bovina chilena es reconocida por su calidad (ODEPA, 2007).
- b) Ganadería de Ovinos: La cría de ovejas para carne y lana también es una parte importante de la industria ganadera.
- c) Exportaciones de Carne: Chile exporta carne bovina y ovina a varios mercados internacionales, incluyendo Estados Unidos, China y Japón. (ODEPA, 2007)

EMISIONES DE GAS METANO EN LA INDUSTRIA GANADERA:

Al igual que en la industria lechera, la ganadería es una fuente de emisiones de gas metano debido a la fermentación entérica en los estómagos de los rumiantes.

COMBUSTIBLE DE AUTOMÓVILES:

Los combustibles de automóviles son sustancias que se queman en los motores de vehículos para generar energía y movimiento. En este contexto, se explorará el uso

¹² Información recuperada de ODEPA:
https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/Estudio_Demanda_Carne_Bovina.pdf

de gas metano como una alternativa a los combustibles fósiles tradicionales, como la gasolina y el diésel, en la propulsión de vehículos. El uso de gas metano, en particular el gas natural comprimido (GNC) o el gas natural licuado (GNL), como una alternativa a los combustibles fósiles tradicionales, como la gasolina y el diésel, en la propulsión de vehículos tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas:

1) Ventajas del Uso de Gas Metano en Vehículos:

- a) Menores Emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂): El gas metano es una fuente de energía más limpia en comparación con los combustibles fósiles convencionales, lo que resulta en menores emisiones de CO₂, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático.
- b) Menores Emisiones de Contaminantes Locales: El uso de GNC y GNL en vehículos produce menos emisiones de contaminantes locales, como óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas finas, en comparación con la gasolina y el diésel. Esto puede mejorar la calidad del aire en áreas urbanas. (energy5, 2023)¹³
- c) Económico: En algunos lugares, el gas metano suele ser más barato que la gasolina y el diésel, lo que puede representar ahorros significativos para los conductores y las flotas de vehículos.
- d) Reservas de Gas Natural: Muchos países tienen reservas significativas de gas natural, lo que puede proporcionar una fuente de energía local y reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados.

¹³ Recuperado de Energy5, 2023: <https://energy5.com/es/el-uso-del-gas-natural-en-el-transporte>

2) Desventajas del Uso de Gas Metano en Vehículos:

- a) Menor Densidad Energética: El gas metano tiene una menor densidad energética en comparación con la gasolina y el diésel, lo que significa que los vehículos necesitan tanques más grandes o un mayor volumen de almacenamiento para lograr la misma autonomía. Esto puede limitar la eficiencia de los vehículos y reducir el espacio disponible para carga o pasajeros. (CEPAL, 2014)¹⁴.
- b) Infraestructura Limitada: La infraestructura de recarga de gas metano (estaciones de GNC y GNL) es menos común que la de gasolina y diésel, lo que puede limitar la disponibilidad y la conveniencia para los conductores.
- c) Pérdida de Metano: El gas metano es un gas de efecto invernadero muy potente si se escapa a la atmósfera sin quemarse. Por lo tanto, la infraestructura y los vehículos que utilizan gas metano deben estar diseñados y mantenidos cuidadosamente para evitar fugas (SoCalGas, 2023)¹⁵.
- d) Compatibilidad de Motores: Para utilizar gas metano como combustible, los motores de los vehículos necesitan ser adaptados o diseñados específicamente para su uso. Esto puede requerir una inversión inicial adicional.

En relación con las ventajas y desventajas podemos concluir que el uso de gas metano en vehículos puede ser una alternativa más limpia y económica a los

¹⁴ Recuperado de CEPAL, Naciones Unidas, 2014:

https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/36798/S1420695_es.pdf

¹⁵ Recuperado de SoCalGas 2023:

<https://www.socalgas.com/es/stay-safe/methane-emissions/methane-and-the-environment>

combustibles fósiles tradicionales, pero también presenta desafíos relacionados con la infraestructura, la densidad energética y la pérdida de metano. La viabilidad y eficacia de esta alternativa dependerán en gran medida de la disponibilidad de infraestructura, políticas de apoyo y la adecuación de la tecnología a las necesidades locales.

3.3. FUENTES DE CONOCIMIENTO

a) Investigación Científica: Estudios científicos previos sobre la producción y uso del biogás en la industria ganadera, tales como:

- (1) "Biogas production from animal manure - current state and future trends" de Weiland, P. (2010): Este estudio revisa la producción de biogás a partir de estiércol animal, analizando los procesos de digestión anaeróbica y los factores que influyen en la eficiencia y la calidad del biogás generado.
- (2) "Sustainable biogas production from agro-industrial effluents" de Raposo, F. et al. (2012): Este estudio se centra en la producción sostenible de biogás a partir de efluentes agroindustriales y desechos orgánicos, incluyendo residuos de la industria ganadera.
- (3) "Anaerobic digestion of animal rendering plant by-products" de Abbassi-Guendouz, A. et al. (2012): El artículo explora la digestión anaeróbica de subproductos de plantas de procesamiento de

animales, como una forma de gestión sostenible de estos residuos y la generación de biogás.

- (4) "Optimizing biogas production from cattle manure" de Deng, L. et al. (2015): Este estudio se enfoca en la optimización de la producción de biogás a partir de estiércol de ganado, investigando cómo los parámetros de operación afectan la cantidad y calidad del biogás producido.
- (5) "Economic and environmental evaluation of biogas recovery from anaerobic treatment of pig slurry" de Tampio, E. et al. (2015): El estudio evalúa los aspectos económicos y ambientales de recuperar biogás a partir del tratamiento anaeróbico de purines de cerdo, destacando los beneficios en términos de reducción de emisiones y generación de energía.
- (6) "Biogas from Animal Manure: Principles, Processes, and Practices" de Pandey, A. et al. (2018): Este libro proporciona una visión integral de la producción de biogás a partir de estiércol animal, cubriendo aspectos teóricos y prácticos, así como casos de estudio.

3.3.1 EXPERTOS E INVESTIGADORES CHILENOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

- (1) Dr. Jorge Mella-Herrera: El Dr. Mella-Herrera es profesor e investigador del Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales de la Universidad de La Frontera. Su investigación se centra en la producción de biogás y la conversión de residuos orgánicos en energía, lo que incluye la producción de gas metano.
- (2) Dr. Juan José Saldaña: El Dr. Saldaña es profesor en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. Su investigación abarca temas relacionados con la ganadería y la emisión de metano por parte de los rumiantes, así como estrategias para reducir estas emisiones.
- (3) Dr. Ricardo Barra: El Dr. Barra es investigador en el Centro de Biotecnología y Medio Ambiente de la Universidad Técnica Federico Santa María. Su trabajo se enfoca en la conversión de residuos orgánicos en biogás, incluyendo la producción de metano.
- (4) Dra. Claudia Ortiz-Cornejo: La Dra. Ortiz-Cornejo es investigadora en el Departamento de Ciencias Químicas de la Universidad de Chile. Ha trabajado en la caracterización de emisiones de metano en fuentes industriales y en la evaluación de estrategias de mitigación.
- (5) Dr. Rodrigo Navia: El Dr. Navia es investigador en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Técnica Federico

Santa María. Su investigación se centra en la producción de biogás y la captura de metano en sistemas de vertederos.

(6) Dra. Ana María Jofré: La Dra. Jofré es investigadora en el Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia (CR)2 de la Universidad de Chile. Su trabajo incluye investigaciones sobre las emisiones de metano asociadas a los ecosistemas naturales y cómo estas contribuyen al cambio climático.

(7) Dra. María Teresa Sánchez-Murillo: La Dra. Sánchez-Murillo es investigadora en la Universidad de Costa Rica, pero su trabajo ha abordado la huella de carbono de los sistemas de producción de leche en Chile y su relación con las emisiones de metano.

3.4 CRITERIOS DE CONOCIMIENTO:

- a) Evidencia Empírica: Los datos recopilados sobre la producción de gas metano y su viabilidad como combustible de automóviles deben basarse en observaciones y mediciones precisas.
- b) Consistencia Científica: Las conclusiones del estudio deben ser coherentes con los principios científicos y las teorías aceptadas en el campo de la energía y la agricultura.

3.5 TIPOS DE CONOCIMIENTO POSIBLE:

- a) Conocimiento Científico: Comprender los principios científicos que subyacen en la producción de biogás y su utilización como combustible.
- b) Conocimiento Práctico: Desarrollar una comprensión práctica de cómo implementar sistemas de producción de biogás en granjas y ranchos.

3.6 GRADO DE CERTEZA:

La certeza del conocimiento depende de la cantidad y calidad de la evidencia empírica recopilada. Cuanto más rigurosa sea la investigación y más datos respalden las conclusiones, mayor será el grado de certeza, en conclusión, para este objeto de estudio, el grado de certeza depende del grado de certeza de las fuentes de investigación estudiadas. Cabe recordar que es una investigación por fuentes secundarias y/o externas.

3.7 RELACIÓN ENTRE EL QUE CONOCE Y EL OBJETO CONOCIDO:

En este contexto, nos relacionamos con la industria lechera y ganadera chilena, así como con los procesos de producción de biogás bajo estudios externos. El desarrollo de un proyecto de investigación sobre el uso de biogás como combustible para automóviles se basa en una serie de antecedentes, investigaciones previas y consideraciones teóricas.

4. MARCO TEÓRICO

Un marco teórico es una estructura conceptual que proporciona una base sólida para la investigación, utilizando teorías y conceptos existentes que se extraen de la literatura relevante. Autores como "Piaget¹⁶ y Vygotsky¹⁷" son citados para respaldar y contextualizar el estudio. Este marco teórico ayuda a definir conceptos clave, revisa investigaciones anteriores, formula hipótesis y establece la justificación de la investigación, permitiendo a los investigadores comprender y abordar mejor el problema de investigación.

A continuación, se proporciona un resumen de los elementos del marco teórico, junto con el aporte novedoso del proyecto:

4.1 ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PREVIAS:

- a) Biogás como Fuente de Energía Renovable¹⁸: Durante las últimas décadas, ha habido un creciente interés en el uso de biogás como una fuente de energía renovable. Se han realizado investigaciones que demuestran la eficacia de la digestión anaeróbica para producir biogás a partir de residuos orgánicos, como estiércol, residuos de alimentos y lodos de plantas de tratamiento de aguas.

¹⁶ Jean Piaget es considerado el padre de la psicología evolutiva puesto que fue la primera persona que estudió con detalle el desarrollo psicológico humano a lo largo de la vida.

¹⁷ La obra de Vygotsky señala el origen social de los procesos psíquicos y la noción de mediación a partir del lenguaje desde lo interpsicológico a lo intrapsicológico, como base para el desarrollo del pensamiento. Es decir, que todo lo interno en las funciones psíquicas fue antes externo.

¹⁸Biogás: ¿Cómo se obtiene esta fuente de energía renovable?:

<https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/biogas-fuente-de-energia-renovable>

- a) Biogás en el Sector de Transporte¹⁹: Se han llevado a cabo estudios y proyectos piloto que exploran el uso de biogás como combustible en el sector del transporte, incluyendo autobuses y camiones. Estos esfuerzos han demostrado que el biogás puede ser una alternativa más sostenible en comparación con los combustibles fósiles tradicionales.

- b) Aspectos Ambientales y de Sostenibilidad: Las investigaciones previas han destacado los beneficios medioambientales del biogás, incluyendo la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la gestión de residuos orgánicos. La sostenibilidad es un tema central en este contexto.

- c) Tecnologías de Conversión de Vehículos²⁰: Existen investigaciones sobre la adaptación de motores de combustión interna y la infraestructura de repostaje para vehículos de biogás. Estos estudios han explorado los desafíos técnicos y económicos asociados.

4.2 SOPORTE TEÓRICO, CONTEXTUAL Y LEGAL:

- a) Energía Renovable: El proyecto se apoya en el concepto de energía renovable y la necesidad de encontrar fuentes de energía más limpias y sostenibles para el transporte.

¹⁹Biogás en el sector de transporte: <https://energy5.com/es/explorando-el-mundo-del-biogas-en-los-sistemas-de-transporte-publico>

²⁰ Nama Chile: Tecnologías para producción de biogás: <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2020/11/Ficha-T%C3%A9cnica-Tecnolog%C3%ADas-para-producci%C3%B3n-de-biog%C3%A1s.pdf>

- b) Digestión Anaeróbica: La teoría detrás de la producción de biogás se basa en la digestión anaeróbica, un proceso biológico que descompone materia orgánica en ausencia de oxígeno.

- c) Políticas Energéticas y Ambientales: El proyecto se ubica en un contexto legal y político que promueve la adopción de fuentes de energía más limpias. Esto incluye políticas de reducción de emisiones y regulaciones sobre biogás tales como:
 - i) Políticas Energéticas Chilenas:
 - 1) Energías Renovables: Chile ha demostrado un compromiso significativo con el desarrollo de energías renovables, como la solar, la eólica y la geotérmica. El país ha experimentado un rápido crecimiento en la capacidad de generación de energía renovable en los últimos años.

 - 2) Plan Nacional de Energía 2050: El Plan Nacional de Energía 2050 establece metas y objetivos a largo plazo para el sector energético. Entre los objetivos se incluyen el aumento de la participación de las energías renovables y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

3) Descarbonización: Chile ha anunciado planes para descarbonizar su matriz energética, lo que implica la eliminación gradual del carbón y la promoción de fuentes de energía más limpias.

4) Eficiencia Energética: El gobierno chileno ha implementado políticas de eficiencia energética para reducir el consumo de energía en diversos sectores, incluyendo el industrial y el residencial.

ii) Políticas Ambientales Chilenas:

1) Ley de Medio Ambiente: Chile cuenta con una Ley de Medio Ambiente que establece normativas y procedimientos para la evaluación de impacto ambiental, la conservación y protección de recursos naturales, y la participación ciudadana en asuntos ambientales.

2) Protección de Áreas Naturales: Chile ha establecido una red de áreas protegidas para la conservación de su diversidad biológica, incluyendo parques nacionales, reservas naturales y sitios de patrimonio mundial.

3) Gestión de Residuos: El país ha implementado políticas y regulaciones para la gestión de residuos sólidos y la promoción del reciclaje.

- 4) Ley de Fomento al Reciclaje: Chile ha promulgado una ley que fomenta el reciclaje y la gestión de residuos, estableciendo metas de reciclaje y regulaciones para la industria.
- 5) Agua y Recursos Hídricos: Políticas y regulaciones se centran en la gestión sostenible de los recursos hídricos, especialmente en un país con desafíos de escasez de agua.
- 6) Cambio Climático: Chile es signatario del Acuerdo de París y ha establecido una Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y abordar el cambio climático.

4.3 APORTE NOVEDOSO DEL PROYECTO

El aporte novedoso de este proyecto de investigación radica en:

- a) Evaluación Integral: El proyecto llevará a cabo una evaluación exhaustiva de la viabilidad del biogás como combustible para automóviles, considerando aspectos técnicos, económicos, medioambientales y de políticas públicas. Esto proporcionará una imagen completa de la sostenibilidad y eficacia de esta tecnología.
- b) Análisis de Impacto: Se analizará en profundidad el impacto del uso de biogás en el sector del transporte, incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la gestión de residuos y el ahorro de costos en combustibles.

- c) Recomendaciones Prácticas: El proyecto generará recomendaciones prácticas para la implementación exitosa de vehículos de biogás, lo que puede ser valioso para los responsables de la toma de decisiones y las empresas interesadas en adoptar esta tecnología.

En resumen, el proyecto de investigación sobre el uso de biogás como combustible para automóviles se basa en una sólida base de antecedentes, investigaciones previas y consideraciones teóricas. Su aporte novedoso radica en la evaluación integral y en la generación de recomendaciones prácticas para promover la adopción de esta tecnología sostenible en el transporte, contribuyendo así al avance en el área de la movilidad sostenible y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el país.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El marco metodológico es una parte esencial del proyecto de investigación. Se refiere a la descripción detallada y justificación de los métodos y enfoques que se utilizaron para llevar a cabo la investigación. Este marco proporciona una estructura y guía para la recolección y análisis de datos, permitiendo así que la investigación sea coherente, confiable y replicable (Robert K. Yin, 2002)²¹.

Ahora sabiendo la importancia del diseño metodológico, explicaré la estructura y/o pasos de mi diseño de investigación enfocada en el biogás como energía renovable.

²¹ Case study research and applications. (2023, 8 noviembre). SAGE Publications Inc. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/case-study-research-and-applications/book250150>

5.1 BUSQUEDA DE INFORMACIÓN, INVESTIGACIÓN POR FUENTES EXTERNAS

- 1) Buscar informes y estadísticas emitidos por organismos gubernamentales relacionados con la energía, automovilismo, el medio ambiente y la agricultura. Esto podría incluir datos sobre la producción de biogás, regulaciones vigentes y políticas gubernamentales.
- 2) Acceder a informes de organizaciones internacionales para obtener una perspectiva más amplia. Examinar cómo otros países han abordado el tema del biogás en automóviles y si hay lecciones aprendidas aplicables a Chile.
- 3) Investigar informes anuales de empresas del sector energético y medioambiental que operan en Chile. Estos informes pueden proporcionar información sobre proyectos específicos, inversiones y desafíos que enfrenta la industria del biogás.
- 4) Identificar y contactar a expertos en biogás en Chile. Estos son académicos, profesionales del sector, consultores y representantes de ONGs.

5.2 METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

- 1) Análisis Documental y publicaciones:
 - a) Examinar informes gubernamentales, estudios de caso, documentos legislativos y cualquier otro material relevante.

- b) Organizar la información de manera estructurada para facilitar el análisis.
- 2) Entrevistas Telefónicas o Virtuales:
- a) Programa entrevistas con representantes clave de organismos gubernamentales, empresas, organizaciones sin fines de lucro y expertos identificados²².
 - b) Realizar en las entrevistas preguntas abiertas para obtener información detallada.
- 3) Validación de Datos:
- a) Después de recopilar datos, validaré la información obtenida mediante entrevistas adicionales o revisión de datos secundarios con expertos. Esto para garantizar la fiabilidad y precisión de los resultados.
- 4). Análisis de Datos:
- a) Sintetizar la información recopilada para identificar tendencias y patrones.
 - b) Realizar un análisis comparativo de los datos provenientes de diversas fuentes para obtener una imagen integral.

²² En el punto 3.2.1 se presenta expertos e investigadores chilenos en el área de estudio.

5.3 METODOLOGÍA DEL INFORME FINAL

- 1) Estructura del Informe:
 - a) Organizar el informe de manera clara y estructurada, incluyendo conclusiones y recomendaciones.

- 2) Comunicación de Resultados:
 - a) Preparar un resumen ejecutivo del informe que destaque los hallazgos clave y las recomendaciones.
 - b) Asegurar de que el informe sea accesible para una audiencia no especializada.

5.4 METODOLOGÍA DE CONTINUIDAD Y SEGUIMIENTO

- 1) Identificación de Áreas de Investigación Futuras:
 - a) En la sección de recomendaciones, hay que destacar áreas específicas que podrían requerir una investigación más detallada en el futuro.
 - b) Proporciona sugerencias sobre cómo podría llevarse a cabo un seguimiento continuo para mantenerse al tanto de los desarrollos en el campo del biogás en Chile.

6. RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

En resumen, sobre el marco metodológico para la investigación, puede responder las siguientes preguntas:

a) ¿Qué se va a medir?

La viabilidad del gas metano como combustible para automóviles en Chile

b) ¿Cuál es su significado?

Además de salvaguardar nuestros recursos esenciales y preservar la biodiversidad, la conservación del medio ambiente también está estrechamente relacionada con la mitigación del cambio climático. Las actividades humanas, como la quema de combustibles Fósiles y la deforestación, han aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que está contribuyendo al calentamiento global y sus consecuencias devastadoras, como el aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos y la pérdida de hábitats naturales.

Al tomar medidas para proteger y restaurar nuestro planeta, no sólo estamos haciendo cuidado de nuestra propia supervivencia, sino que también estamos haciendo nuestra parte para preservar la diversidad de la vida en la tierra y garantizar un futuro habitable para todas las especies.

c) ¿Sobre qué se mide?

Sobre investigación externa en publicaciones, revistas, videos, documentales, entre otros...

d) ¿Cuándo?

Se mide la viabilidad del biogás en automóviles en Chile para la actualidad y/o futuro cercano.

e) ¿Dónde?

En el país latinoamericano, Chile, principalmente se estudiará la región de los Ríos y de los lagos por ser la capital de las industrias lecheras y ganaderas en el país.

f) ¿Cuál es el propósito?

Además de salvaguardar nuestros recursos esenciales y preservar la biodiversidad, la conservación del medio ambiente también está estrechamente relacionada con la mitigación del cambio climático.

Las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que está contribuyendo al calentamiento global y sus consecuencias devastadoras, como el aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos y la pérdida de hábitats naturales. Al tomar medidas para proteger y restaurar nuestro planeta, no solo estamos cuidando de nuestra propia supervivencia, sino que también estamos haciendo nuestra parte para preservar la diversidad de la vida en la Tierra y garantizar un futuro habitable para todas las especies.

7. ANÁLISIS DE CAMPO

El análisis de campo consiste en la realización de las operaciones a las que el investigador someterá los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio. Todas estas operaciones no pueden definirse de antemano de manera rígida. La recolección de datos y ciertos análisis preliminares pueden revelar problemas y dificultades que desactualizarán la planificación inicial del análisis de los datos. Sin embargo, es importante planificar los principales aspectos del plan de análisis en función de la verificación de cada una de las hipótesis formuladas ya que estas definiciones condicionarán a su vez la fase de recolección de datos. (Gallardo, F. (2021))²³.

En resumen, el análisis de campo es una herramienta valiosa que proporciona información real y específica, lo que permite comprender mejor los entornos, tomar decisiones más informadas y abordar problemas de manera más efectiva en diversos campos y situaciones.

Ahora sabiendo la importancia del análisis de campo, iniciaré a proceder a ella para responder en la siguiente fase de conclusiones mis objetivos, preguntas y metas²⁴.

7.1 CONTAMINACIÓN DE METANO DE LA INDUSTRIA GANADERA A NIVEL MUNDIAL

Las Naciones Unidas explican que el cambio climático (CC) es el desafío más importante de nuestro tiempo, ya que sus efectos son de alcance mundial y de una

²³ Gallardo, F. (2021) Metodología de la investigación 4. Apunte de clase unidad 4, Taller de Titulación, Universidad UNIACC.

²⁴ En el punto 2.1 se presenta los objetivos.

escala sin precedente. Las causas del cambio climático se han relacionado a la concentración de gases de efecto invernadero (GEI). La agricultura es una actividad que hace un uso extensivo de recursos naturales y también unas de las actividades más expuesta a los efectos del cambio climático. La mayor amenaza asociada al cambio climático está en la disminución de las precipitaciones afectando a la agricultura tanto de secano como de riego.²⁵

De hecho, tal cómo explica la Biblioteca del Congreso Nacional De Chile (BCN), a la ganadería se le atribuye un 14,5% del total anual de GEI a nivel mundial. Además, esta actividad afecta al clima debido al cambio de uso de la tierra, la producción de alimentos, estiércol, la producción animal, procesamiento, y transporte, que contribuyen con CO₂, óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄). Otros impactos negativos de la ganadería son: degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y contaminación del aire y agua. Otros impactos del CC sobre la ganadería se relacionan con el aumento de la temperatura (entre 0.3 °C y 4.8 °C), el aumento de la concentración de dióxido de carbono, variación de los patrones de precipitación y otros factores²⁶.

Así entonces, la industria ganadera se verá afectada por la degradación tanto del volumen de producción como de su calidad; se reducirá la disponibilidad de agua; aumento de la morbilidad del ganado estrés por calor. En virtud de lo anterior, la industria ganadera deberá considerar un mix de innovaciones tecnológicas (alimentación, nutrición, genética, salud, etc.), políticas e institucionales para

²⁵ United Nations. (s/f). Causas y efectos del cambio climático | Naciones Unidas. Recuperado el 9 de diciembre de 2023, de <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>

²⁶ Parlamentaria, A. T. (s/f). Efecto del cambio climático sobre la ganadería. Bcn.cl. Recuperado el 9 de diciembre de 2023, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/28543/1/Efecto_del_CC_sobre_la_Ganaderia.pdf

enfrentar el CC. Además, deberá realizar cambios con relación a las especies ganaderas, cultivos forrajeros y estrategias en alimentación. En el caso de Chile, Santibañez (2020) señala que, “la mayor amenaza asociada al cambio climático se traduce en una disminución de las precipitaciones en la mayor parte del territorio, lo que amenaza fuertemente a la agricultura tanto de secano como de riego. La escasez hídrica ya se está haciendo sentir con fuerza de Maule al Sur”²⁷.

7.1.1 EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA GANADERÍA E INDUSTRIA LECHEIRA

Algo de suma importancia para nuestro proyecto de investigación sobre el biogás, es que, para el año 2050 se prevé que la población mundial pasará de 6,5 miles de millones a 9.2 miles de millones de personas, lo generará una mayor presión al uso del territorio y a los recursos naturales (Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U, 2010)²⁸.

En ese año se diversificarán los tipos de nutrición y aumentará la cantidad de alimentos de origen animal, por ejemplo, un 73% más de carne y un 58% más de leche respecto a 2010²⁹. Es por ello por lo que existe el desafío de mantener un balance entre la productividad, seguridad alimentaria y la preservación del medio ambiente.

²⁷ Op. Cit. Santibañez, F. (2020). Cambio climático y sector silvoagropecuario.

²⁸ Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3), 57-69.

²⁹ Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural systems*, 101(3), 113-127.

Respecto al cambio climático, a la ganadería se le atribuye un 14,5% del total de GEI anuales a nivel mundial. Además, esta actividad afecta al clima debido al cambio de uso de la tierra, la producción de alimentos, estiércol, la producción animal, procesamiento y transporte; y por la emisión de CO₂, óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄). Además, la ganadería genera impactos negativos tales como: degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y contaminación del aire y agua.

Por otra parte, los posibles impactos que del CC pueda tener sobre la ganadería se deben principalmente al aumento de la temperatura (entre 0.3 °C y 4.8 °C) y de la concentración de dióxido de carbono; alteración de los patrones pluviométricos y otros factores³⁰.

De hecho “El ganado es uno de los principales responsables de los graves problemas medioambientales de hoy en día. Se requiere una acción urgente para hacer frente a esta situación”, aseguró Henning Steinfeld, jefe de la Subdirección de Información Ganadera de la FAO³¹. Donde las mismas Naciones Unidas buscan soluciones para contrarrestar y el biogás es una solución Factible.

7.2 EL BIOMETANO Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

Realmente el biometano es economía circular (Ver anexo 1) porque, a partir de un residuo, se produce energía. Los residuos, cuando se descomponen, emiten metano a la atmósfera que tiene un potente efecto invernadero. La ventaja de producir biometano consiste en que, al recoger todos esos gases, se evitan esas

³⁰ Parlamentaria, A. T. (s/f). Efecto del cambio climático sobre la ganadería. Bcn.cl. Recuperado el 9 de diciembre de 2023, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/28543/1/Efecto_del_CC_sobre_la_Ganaderia.pdf

³¹ FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

emisiones y, al depurarlos, se obtienen moléculas iguales a las del gas natural convencional.

En grandes granjas, las vacas generan anualmente alrededor de 8.000 toneladas de excrementos que, de aprovecharse como combustible, permitirían circular a 700 vehículos durante un año entero.



(anexo 1: Biometano economía circular, Fuente: Darío Pérez, Head of Carbon Neutral Energy Solutions en ENGIE España)

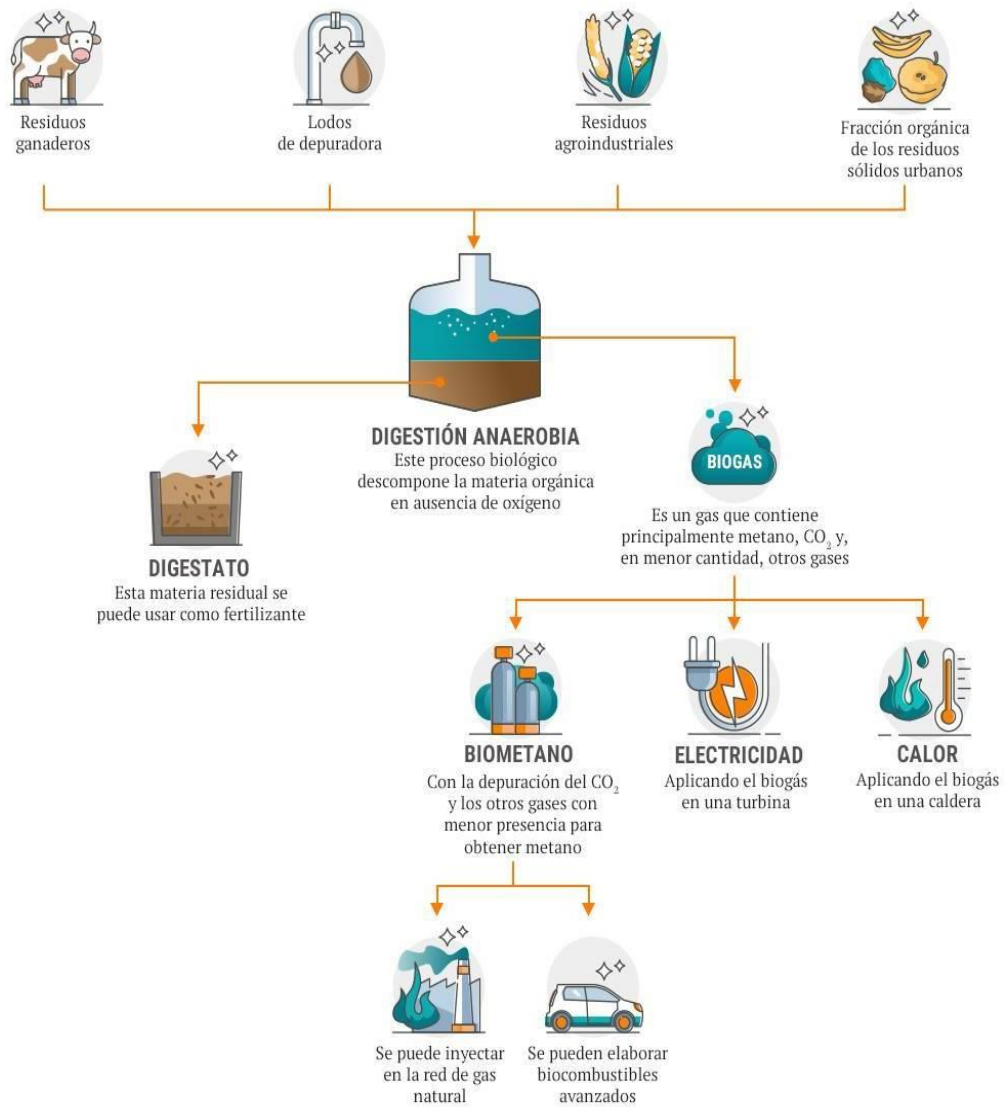
7.3 ELABORACIÓN DEL BIOMETANO

El proceso para la elaboración del biometano (ver anexo 2) se basa en aprovechar los gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica. El proceso podría ser similar al siguiente³²:

1. Se recogen los excrementos mediante un sistema de palas. Se llevan a una poza desde donde se bombean a la planta de biogás.
2. Los residuos llegan al biogestor que es un tanque sin atmósfera de oxígeno, donde una serie de bacterias degradan la materia orgánica. La biomasa puede permanecer en estos tanques alrededor de 2 meses y a unos 40° para producir:
 - a. Por un lado, fertilizantes ricos en nitratos.
 - b. y biogás en una composición de 60% metano y 40% CO₂.
3. El biogás pasa por un refinado para separar el metano del CO₂ y se obtiene un producto que contiene 98% de metano y 2% de CO₂. A este producto se le llama biometano.
4. El gas se introduce en la red gasista o en una estación de servicio.

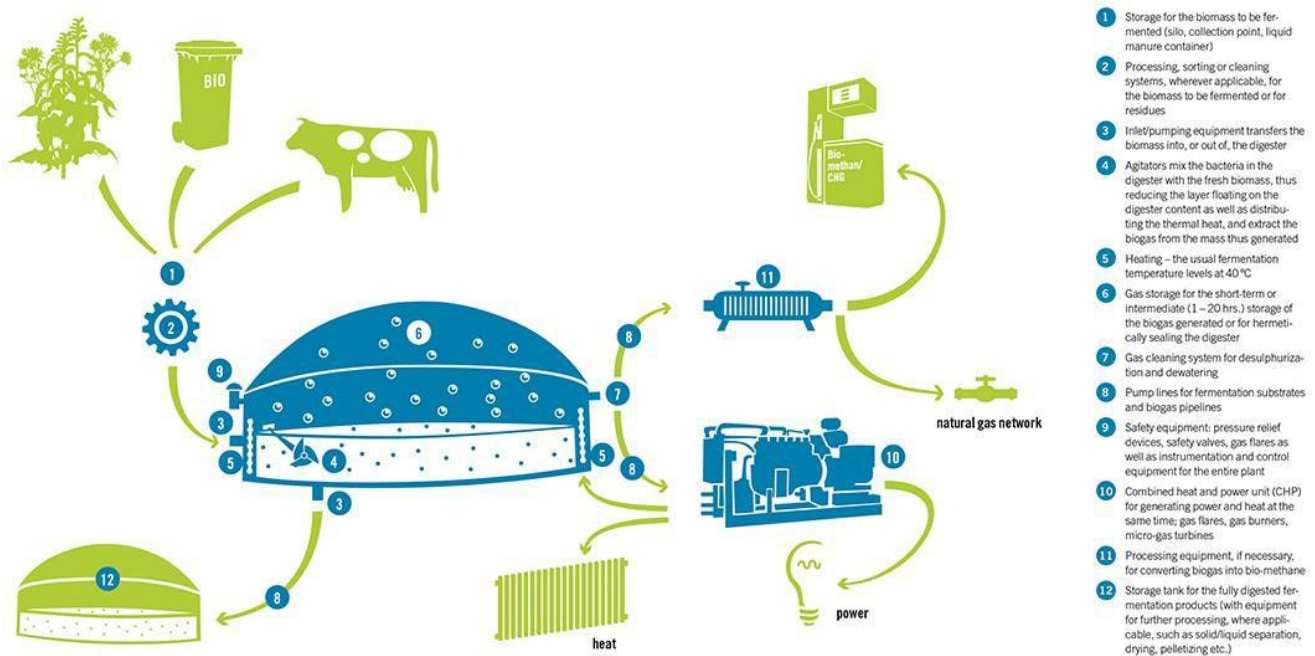
³² El biometano como combustible para vehículos. (2022, mayo 13). tuteurica; Administrador. <https://tuteurica.com/blog/el-biometano-como-combustible-para-vehiculos/>

PRODUCCIÓN Y USOS DEL BIOGÁS



(anexo 2: Elaboración de biogás como combustible. Fuente: ElMundo.es)

7.4 FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE BIOGÁS



(Anexo 3: How a biogas plant Works, Fuente: German Biogas Association)

(Ver anexo 3)

1. Las sustancias orgánicas de entrada como, por ejemplo, restos de comida, grasas o lodos residuales pueden alimentarse en la planta de biogás.
2. Los recursos renovables como el maíz, las zanahorias o la hierba sirven tanto de alimento para los animales como las vacas y los cerdos, como para los microorganismos en la planta de biogás.
3. Los abonos semilíquidos y el estiércol también se alimentan en la planta de biogás.

4. En el fermentador caliente de aprox. 38-40 °C los microorganismos degradan los sustratos con la exclusión de luz y oxígeno. El producto final de este proceso de fermentación es el biogás con el metano como componente principal. Pero el biogás también contiene sulfuro de hidrógeno agresivo. Un fermentador de acero inoxidable tiene la clara ventaja de resistir al ataque del sulfuro de hidrógeno y poder utilizarse durante décadas. Además, con un fermentador de acero inoxidable existe la posibilidad de explotar la planta de biogás también en el rango termófilo de temperaturas (hasta 56 °C).
5. Después de la fermentación del sustrato, este se transporta al almacén final de residuos de fermentación donde puede retirarse para su uso.
6. Los residuos pueden utilizarse como abonos de alto valor. La ventaja: El estiércol de biogás tiene una menor viscosidad y, por consiguiente, entra más rápidamente en el suelo. Además, en muchos casos los residuos de fermentación poseen un mayor valor fertilizante y tienen un olor menos intenso. Pero también son posibles el secado y el uso posterior como abono seco.
7. El biogás generado se almacena en el techo del contenedor, y desde allí se transporta y se quema en la planta de cogeneración (BHKW) para la generación de corriente eléctrica y calor.
8. La corriente eléctrica se alimenta directamente a la red eléctrica. El calor generado puede utilizarse para calentar edificios o secar madera o productos de cosecha.

7.5 VEHÍCULOS PROPULSADOS POR BIOGÁS

Los motores de autos impulsados por biogás son en gran medida similares a los motores convencionales de combustión interna que utilizan gasolina o diésel. Sin embargo, hay algunas diferencias clave para adaptarse al uso de biogás como combustible:

1. Adaptaciones al sistema de combustión:

- a. Inyectores y carburadores: Los motores de biogás pueden requerir inyectores o carburadores específicos para manejar las características del biogás.
 - Sistemas de Inyección Directa de Gas (GDI - Gasoline Direct Injection): En los vehículos con inyección directa de gas, se utilizan inyectores de gas para introducir el biogás directamente en la cámara de combustión del motor. Estos inyectores están diseñados para manejar gases y deben ser compatibles con las características específicas del biogás.
 - Sistemas de Carburador: Algunos vehículos pueden utilizar sistemas de carburador adaptados para funcionar con biogás. Estos carburadores mezclan el biogás con el aire antes de ingresar a la cámara de combustión. Los carburadores para biogás deben ser diseñados para manejar las propiedades particulares de este combustible.

- b. Relación de compresión: La relación de compresión del motor puede necesitar ajustes para optimizar la eficiencia de combustión del biogás.

2. Sensores y sistemas de control:

- a. Sensores de oxígeno y otros gases: Se pueden agregar sensores adicionales para monitorear la composición del biogás y ajustar la mezcla de aire y combustible para mantener la eficiencia de combustión.
- b. Sistemas de control electrónico: Muchos motores modernos utilizan sistemas de control electrónico que pueden ser programados para adaptarse a diferentes tipos de combustibles, incluido el biogás.

3. Materiales de construcción:

- a. Sellos y componentes resistentes a la corrosión: Dado que el biogás puede contener impurezas corrosivas, algunos componentes del motor pueden requerir materiales resistentes a la corrosión.

4. Sistema de almacenamiento y suministro de combustible:

- a. Tanques de almacenamiento: Los vehículos a biogás generalmente tienen tanques de almacenamiento a bordo para contener el biogás comprimido (CNG) o licuado (LNG).

b. Válvulas y reguladores de presión: Se utilizan componentes específicos para gestionar la presión del biogás durante su almacenamiento y suministro al motor.

5. Compatibilidad de lubricantes y aceites:

a. Lubricantes adecuados: Puede ser necesario utilizar lubricantes específicos que sean compatibles con las características del biogás y sus impurezas.

6. Sistemas de escape:

a. Catalizadores y filtros de partículas: Algunos sistemas de escape pueden necesitar adaptaciones para manejar las emisiones específicas del biogás.

7. Eficiencia y rendimiento:

a. Ajustes de rendimiento: Los motores pueden ser ajustados para optimizar su rendimiento con biogás, ya que las características del combustible pueden diferir de las de la gasolina o el diésel.

Es importante destacar que las adaptaciones pueden variar según el tipo de biogás utilizado (biogás generado a partir de desechos orgánicos, digestión anaeróbica, etc.) y el proceso de conversión del vehículo. Además, las regulaciones locales y las normativas de emisiones también pueden influir en el diseño y la adaptación de los motores de vehículos a biogás.

Según un estudio del instituto de investigación francés IFP Energies Nouvelles³³ y La Asociación Europea del Biogás³⁴, para los vehículos ligeros, comerciales e incluso de 12 toneladas, los motores propulsados por biometano ofrecen los mejores resultados en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos resultados son superiores a los de los híbridos y los eléctricos porque, como señala el estudio, se tienen en cuenta las emisiones a lo largo de todo el ciclo de vida, desde el pozo hasta la rueda, y no sólo las emisiones derivadas del uso del vehículo.

El estudio comparó la huella de carbono del ciclo de vida completo de los vehículos a GNC³⁵ y biometano con la de los vehículos diésel, gasolina, híbridos y eléctricos y concluyó que el biometano ofrece el mejor valor para los vehículos ligeros, comerciales y pesados de 12 toneladas. Entre los autobuses, los eléctricos superan a los de biometano.

En los tres primeros casos (ligeros, comerciales y pesados), el estudio señala que el biometano es seguido de cerca por los híbridos recargables en su funcionamiento exclusivo como eléctrico, caso teórico, porque difícilmente se aplica a condiciones reales con solo 50-70 km de autonomía, en particular para rutas largas. También señalan que la hibridación con biometano mejora aún más los resultados comparados con gasolina, diésel o gas.

³³ Bouter, A., Melgar, J., & Ternel, C. (s/f). Etude ACV de véhicules roulant au GNV et bioGNV. Ifpenergiesnouvelles.fr. Recuperado el 9 de diciembre de 2023, de [https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation%20et%20industrie/Analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20\(ACV\)/Rapport_ACV%20GNV_version%20finale.pdf](https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation%20et%20industrie/Analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20(ACV)/Rapport_ACV%20GNV_version%20finale.pdf)

³⁴ EBA, en sus siglas en inglés, La EBA insta a un diálogo abierto sobre objetivos y prácticas sostenibles sobre biometano.

³⁵ Son las siglas de gas natural comprimido (GNC). Es un tipo de GNV y consiste en utilizar gas almacenado a temperatura ambiente a altas presiones (entre 200 y 250 bares).

Los vehículos eléctricos emiten más CO₂ que los de biometano. Estos vehículos, al utilizar baterías de alta capacidad, son penalizados por la gran cantidad de CO₂ emitido durante la fabricación de la batería, en gran parte como resultado de la extracción y el refinado de los metales utilizados (litio, cobalto, níquel ...) y por los procesos que consumen energía en la fabricación y montaje de las células.

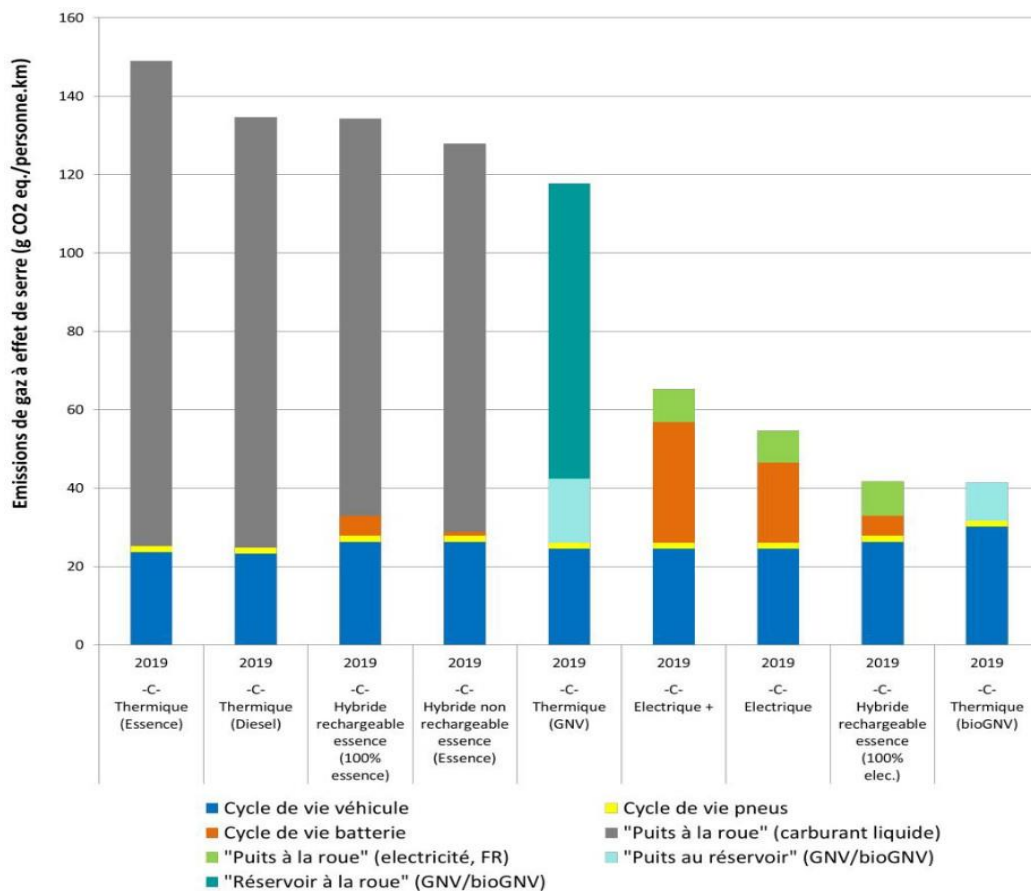
Se advierte que dicha conclusión deriva de medir las emisiones desde el tanque a la rueda, es decir de todo el ciclo de vida, en lugar del depósito del combustible a la rueda. Y recuerda que la UE acordó reducir las emisiones promedio de CO₂ de los automóviles nuevos en un 15 por ciento en 2025 y en un 37.5 en 2030, pero midiendo las emisiones del tanque a la rueda.

Los vehículos a gas, diésel y gasolina ocupan los últimos puestos en emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el estudio de IPF Energies Nouvelles. Sin embargo, en las conclusiones proponen que una solución para desplegar vehículos con biometano más rápidamente sería mezclarlo con gas natural comprimido. Esto permitiría alimentar un mayor número de vehículos –añaden–, mientras se mantiene un balance de Gases de Efecto Invernadero muy favorable, especialmente si el motor se hibridara.

En cuanto a emisiones, la ONG Transport & Environment (T&E) publicó un informe³⁶ en el que advertía que determinados camiones que usan gas licuado emiten entre

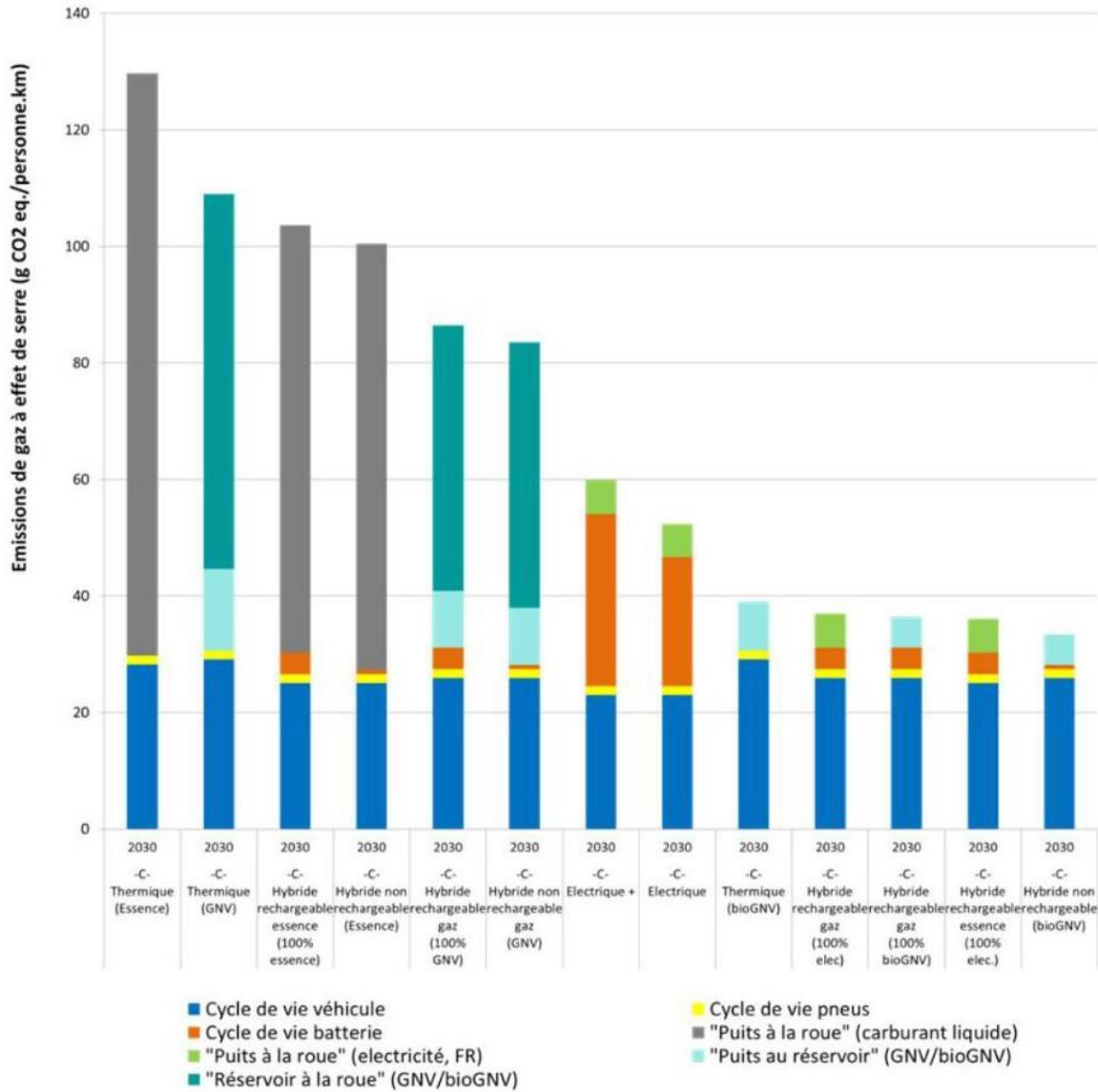
³⁶ Las pruebas en carretera muestran que los camiones a gas son hasta 5 veces peores para la contaminación atmosférica. (2019, septiembre 18). Transport & Environment.
<https://www.transportenvironment.org/discover/las-pruebas-en-carretera-muestran-que-los-camiones-gas-son-hasta-5-veces-peores-para-la/>

dos y cinco veces más óxidos de nitrógeno (NOx) que el camión diésel y que los de biometano tendrían las mismas emisiones”. No hacían ninguna mención al resto de emisiones, tanto CO2 y otros GEI, como CO (monóxido de carbono), SOx (óxidos de azufre) o partículas sólidas (ver anexo 4 y 5).



(Anexo 4: Impactos potenciales del cambio climático para los vehículos del segmento C³⁷ en 2019. Fuente: IFP Energies nouvelles).

³⁷ El segmento de vehículos ligeros y medios



(Anexo 5: Impactos potenciales del cambio climático para los vehículos del segmento C³⁸ en 2030. Fuente: IFP Energies nouvelles).

³⁸ El segmento de vehículos ligeros y medios.

7.6 SITUACIÓN INTERNACIONAL SOBRE EL BIOGÁS

En el ámbito internacional actual, se considera que el avance de la tecnología relacionada con la mejora en la utilización del biogás se divide en dos enfoques distintos. Por un lado, se encuentra aquella dirigida a la producción y/o captura de biogás y sus derivados energéticos a gran escala. Por otro lado, se enfoca en adaptar tecnología para situaciones de pequeña escala e incluso soluciones individuales. Los modelos de tamaño medio frecuentemente enfrentan desafíos técnicos y económicos en su equilibrio, los cuales aún no se han analizado en suficiente medida.

Ambas corrientes comparten el objetivo final de reducir los impactos en el medio ambiente; no obstante, los intereses que las impulsan suelen variar en aspectos económicos, políticos y sociales. Por consiguiente, los proyectos de mayor escala también presentan prioridades diferentes, dependiendo de los desafíos específicos que cada sociedad se haya impuesto en términos de enfocarse en una mayor valoración del medio ambiente o en una mayor diversificación de la matriz energética.

Tanto las políticas nacionales como las políticas aplicadas a nivel comunitario en Europa han dado prioridad a una de estas dos variables, lo cual ha permitido fomentar e implementar numerosos proyectos destinados a la producción y/o captura de biogás. Esto ha convertido al continente en un actor tecnológico de importancia en este campo.

Alemania, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos fueron los mayores productores de biogás como combustible para vehículos en 2016. En todo el mundo, alrededor de 500 plantas producen alrededor de 50 petajoules (PJ) por año de este biogás mejorado, a menudo llamado biometano.

Como es sabido, los principales gases que favorecen el efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂) y el gas metano (CH₄), ambos componentes básicos del biogás; sin embargo, este último, utilizado como energía, contribuye en forma positiva y significativa a la mitigación de este efecto. Por tal motivo, la Comunidad Europea, a través de su Libro Blanco, emitido en la Convención Europea del año 1997 para orientar a sus miembros en su adaptación al cambio climático, estableció metas de reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI), tomando como base el año 1990 y planteando la necesidad de generar 15 millones de TEP (tonelada equivalente de petróleo) de biogás para el año 2010³⁹.

La evaluación de los progresos en este sentido en estudios recientes⁴⁰ ha arrojado resultados desalentadores. Algunos países no solo han fallado en alcanzar la reducción porcentual esperada, sino que también han aumentado sus emisiones en comparación con el año base. Se estima que la cantidad de térmicos equivalentes al petróleo (TEP) para el año 2010 no alcanzaría los 10 millones. Debido a estos resultados, se ha requerido que varios países intensifiquen sus esfuerzos en los últimos tres años mediante la implementación de proyectos de biogás y asignación de recursos para investigar y aplicar mejoras tecnológicas, con el objetivo de hacer más eficientes los diferentes procesos de producción de biogás y la gestión de biorresiduos. Alemania, líder en capacidad instalada de biodigestores, ha prácticamente duplicado el número de unidades, estimando cerrar el año 2010 con alrededor de 5.000 biodigestores en funcionamiento, en comparación con los

³⁹ ODEPA Chile, Ramos, A. T., & Crudo, P. (s/f). BIOGÁS: UNA NUEVA MIRADA Alfonso Traub Ramos. Gob.cl. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servicios-informacion/Mercados/nov-10.pdf>

⁴⁰ Estudio de Evaluación Global de Metano 2021 (Global Methane Assessment) el Compromiso Global de Metano (GMP) se estableció en la Conferencia de las Partes (COP26) de noviembre de 2021 en Glasgow. Los participantes que se unen a este Compromiso acuerdan emprender medidas voluntarias dirigidas a contribuir a un esfuerzo colectivo con miras a reducir las emisiones antropogénicas de metano a nivel mundial en al menos un 30% para 2030 con respecto a los niveles de 2020 (GMP 2022).

aproximadamente 2.500 existentes en 2006. En el ranking europeo, le siguen Gran Bretaña, Italia y España.

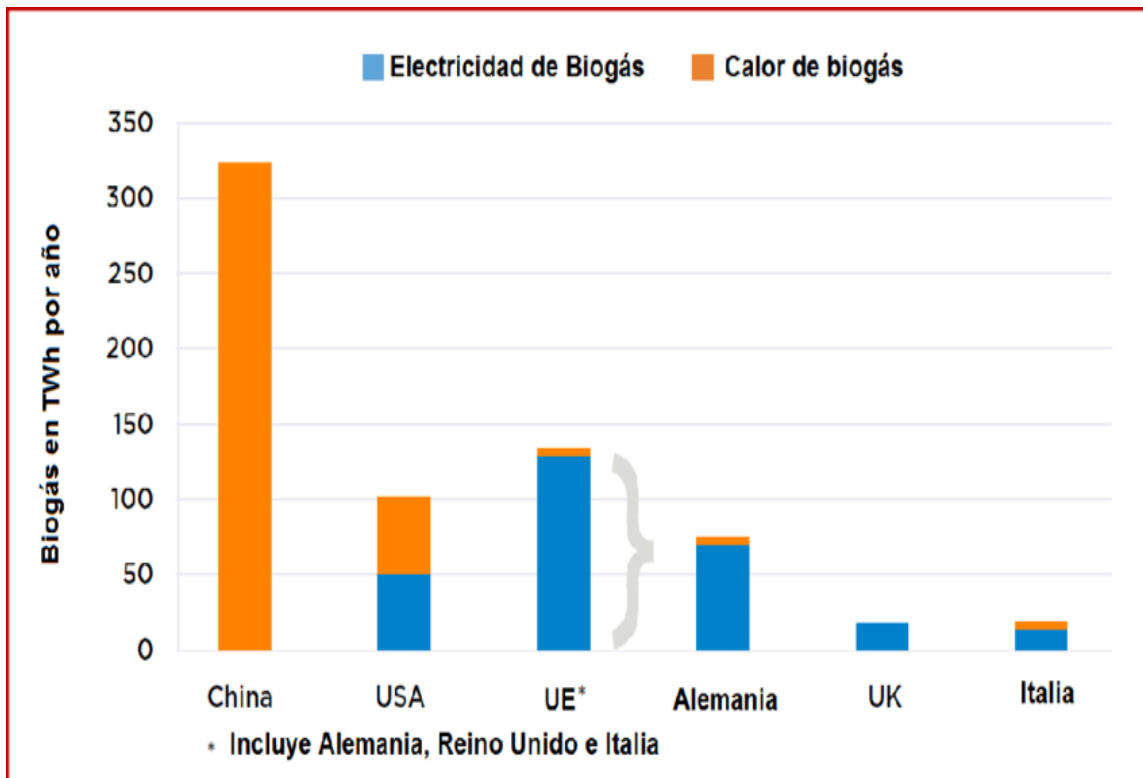
El notable crecimiento observado en Alemania es el resultado de una decisión política crucial. El gobierno alemán estableció como objetivo proporcionar el 10% de las redes de gas natural con biogás para el año 2030⁴¹. Esta meta fue una estrategia clave en términos de diversificación de su matriz energética, por lo tanto, se asignaron recursos y se crearon condiciones favorables para alcanzarla. Dentro de esta área, la decisión más relevante posiblemente fue la producción de biogás, es decir, la construcción de instalaciones que se alimentan de manera programada y controlada con materia orgánica fermentable, con el objetivo de asegurar una cantidad y homogeneidad determinadas en la producción de biogás. Esto se logra mediante el uso de cultivos agrícolas asociados, como maíz, sorgo u otros que posean características adecuadas para generar la máxima producción de este biocombustible gaseoso al combinarse con desechos animales.

España, al igual que Alemania (ver Anexo 6), ha aumentado proporcionalmente el número de instalaciones de producción de biogás. El enfoque en España se centra en el aprovechamiento de residuos urbanos, tanto de plantas de tratamiento de aguas residuales como de vertederos de basura¹⁸. En toda Europa se han estado desarrollando tecnologías para ampliar la capacidad de producción de biogás (ver anexo 7), abarcando todos los aspectos de la cadena, desde la gestión de los biorresiduos en su origen hasta la utilización y aplicación energética del biogás. Estas tecnologías incluyen mejoras en la fermentación en términos de velocidad y cantidad, uso de pilas de combustible, cogeneración como una alternativa combinada y utilización en el transporte, entre otras. Estas tecnologías varían de un

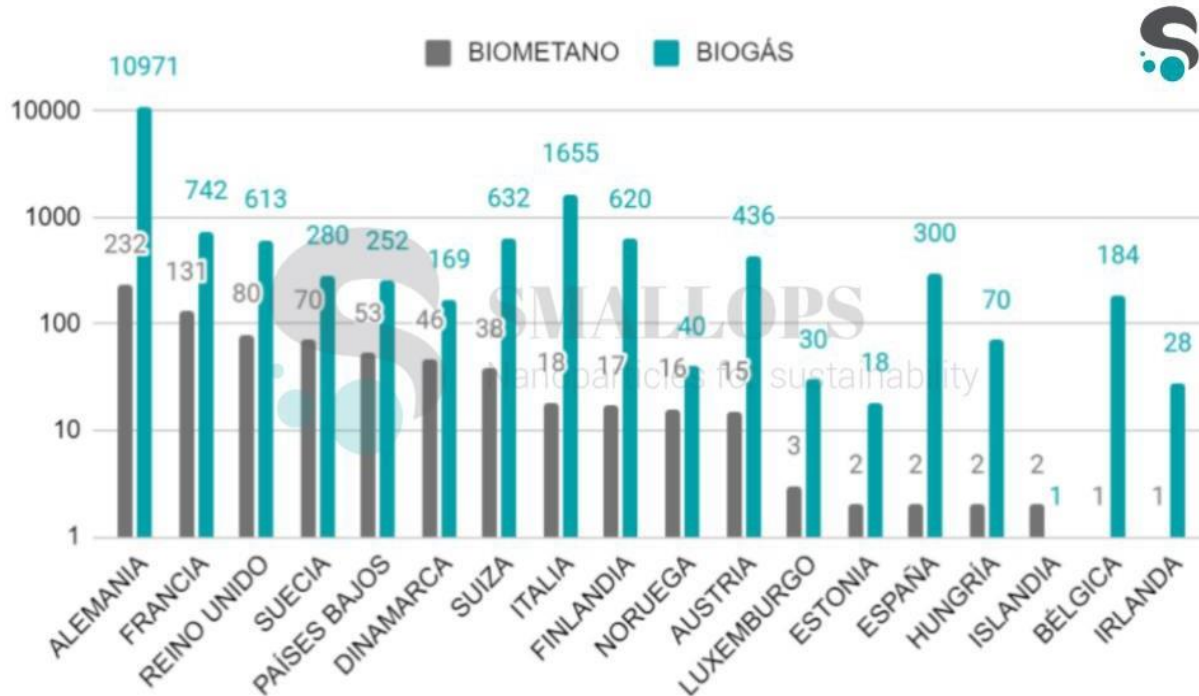
⁴¹ Informe de referencia de la Evaluación Global de Metano 2030. ¿Por qué actuar ahora? Una era en la que se mitigue a gran velocidad el metano (Why Act Now: A New Era For Accelerated Implementation).

país a otro según los énfasis establecidos por las políticas respectivas.

En cuanto a los proyectos de escala reducida, China (ver anexo 6), con más de 14 millones de biodigestores, seguida de India, con varios millones también, son los países que lideran en el uso y promoción de esta tecnología en el ámbito rural¹⁹. Aunque estas tecnologías se han mantenido prácticamente sin cambios durante décadas, se han comenzado a observar algunas señales políticas de preocupación, lo cual se refleja en la implementación de normativas destinadas a fomentar un uso más sostenible de estas técnicas. Además, se plantea la posibilidad de instalar biodigestores a gran escala, tanto para contribuir a la generación de energía como para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).



(Anexo 6: Uso de biogás en los países con mayor producción de biogás en el año 2013, Fuente: informe IRENA 2017).



Anexo 7: Plantas de biogás y biometano en Europa. Fuente: Smallops).

En varios países como Estados Unidos, México, Cuba y Argentina, se están desarrollando diversas alternativas entre las dos técnicas mencionadas. En Argentina, específicamente, hay un proyecto llevado a cabo por una organización no gubernamental que promueve el uso de biodigestores de menor tamaño, los cuales son altamente adaptables al sector agropecuario.

En Bolivia, se encuentra en curso un proyecto en la región del Lago Titicaca que tiene como objetivo aprovechar los residuos generados por el ganado para la producción de energías alternativas y abonos orgánicos de manera ambientalmente sostenible.

Dada la evolución observada en esta opción de energía, junto con los entornos normativos, las estrategias definidas y las oportunidades de negocios, la industria a nivel mundial tiene grandes expectativas con respecto a los resultados de la feria internacional IFAT ENTSORGA, Este evento es considerado uno de los más significativos a nivel mundial en cuanto a equipamiento y servicios ambientales, destacando el biogás como el tema más relevante. En términos generales, se espera un creciente interés global en ferias y seminarios relacionados con el biogás.

7.7 SITUACIÓN NACIONAL SOBRE EL BIOGÁS

Chile se está desarrollando una serie de iniciativas de distinto tamaño y en diversas regiones, lo que indica la irrupción de esta alternativa energética con bastante fuerza.

A modo de ejemplo, se pueden señalar las siguientes:

- ❖ En la comuna de Teno, región del Maule, la empresa Vínicas recolecta casi el 80% de los desechos del proceso de vinificación de las viñas (orujos, pepas, borras, escobajo, etc.), y está construyendo un biodigestor para autoabastecerse de energía eléctrica, abastecer de esta energía a la comunidad aledaña y colocar el excedente en las distribuidoras eléctricas.
- ❖ En la comuna de Negrete, región del Bío Bío, el Liceo Agrícola está construyendo un biodigestor que pretende abastecer de energía a su internado. Además, ha establecido un programa de construcción y difusión de biodigestores artesanales, destinado a satisfacer necesidades de pequeños agricultores. Esta difusión está siendo realizada por los propios

alumnos.

- ❖ En la comuna de Los Ángeles, de la misma región, la empresa Bioeiberger está construyendo un biodigestor piloto, que operará con los purines de la lechería anexa. La idea es difundir esta técnica en la provincia y, luego, a toda la región.
- ❖ En la comuna de Til Til, en la Región Metropolitana, la Fundación Chile está próxima a inaugurar un biodigestor que abastecerá de energía a la escuela rural de Rungue. Operará sobre la base del aprovechamiento de las paletas de tunas.

De hecho, a gran escala La empresa ECOPRIAL⁴², tiene como objetivo principal transformar la descomposición de la materia orgánica en energía limpia, por lo cual creo la primera planta de biogás en Chile ubicada cerca de la comuna de Osorno.

El proyecto, tiene como objetivo principal contrarrestar el impacto ambiental y el cambio climático al convertir la descomposición de la materia orgánica en energía limpia.

1. Estado del Proyecto: El avance del proyecto actualmente se sitúa en un 60%. La planta, diseñada para ser una alternativa ambiental para la comunidad, aspira a estar completamente operativa en un plazo de cinco

⁴² Ecoprial es un jugador clave en el atractivo mercado de residuos en Chile (Osorno), con fuertes ingresos recurrentes, un equipo directivo altamente experimentado y una trayectoria probada. Además del negocio tradicional, Ecoprial también está presente en las operaciones de Waste-to-Energy con la primera planta de biogás que transforma residuos en energía limpia en la región, ayudando a sus clientes actuales y nuevos en la transición hacia una economía circular.

años. Raúl Albrecht, director de Ecoprial, reconoce la ambición de esta meta y destaca la contribución potencial para mejorar la calidad de vida en la zona.

2. **Contribución Ambiental:** La iniciativa de Ecoprial busca romper con el paradigma de vertederos, mono relleno y residuos industriales. Albrecht enfatiza que la tecnología necesaria está disponible, y la misión es contribuir a la economía circular, reducir las emisiones de gases de carbono e invernadero, y fortalecer las comunidades locales.
3. **Proyecciones Futuras:** Ecoprial tiene proyectado que la planta de biogás pueda recibir residuos orgánicos domiciliarios en el futuro. Además de generar energía limpia, se espera que la planta produzca digestato, un abono orgánico rico en macronutrientes que beneficiará a los emprendedores en el campo de la agronomía.

El director Albrecht destaca la importancia de dialogar con los municipios para implementar la separación de residuos en origen. Esta medida permitiría a la planta recibir tanto residuos orgánicos como no orgánicos, contribuyendo así a la disminución de la cantidad de vertederos y promoviendo el reciclaje desde los hogares.

4. **Contribución Energética:** En términos de generación de energía, la planta de biogás proyecta producir dos megavatios, con el propósito de suministrar energía limpia a comunidades cercanas, como San Juan de la Costa. Albrecht señala que el excedente de calor generado podría utilizarse para actividades como el secado de leña en la región. Además, destaca la

significativa reducción estimada de aproximadamente un millón de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero.

La planta de biogás de Ecoprial en Osorno representa un paso significativo hacia la gestión sostenible de residuos y la producción de energía limpia. Su potencial impacto positivo en la calidad ambiental y de vida en la región destaca la importancia de proyectos innovadores orientados hacia la sostenibilidad. Se espera que, a medida que avance el proyecto, sirva como modelo replicable para otras comunidades en el país.

CONCLUSIONES

Al concluir este proyecto, podemos reconocer la importancia de considerar los cambios atmosféricos en nuestro planeta. Esto es crucial para la implementación de proyectos como el de biogás, que busca reducir el índice de contaminación. Los proyectos de biogás se basan en estudios científicos exhaustivos para tener un control preciso de las partículas contenidas en ellos. Se presentan como una medida alternativa de aprovechamiento de recursos naturales, y aprender de ellos puede contribuir a la preservación ambiental. Cambiar nuestros hábitos como seres humanos es un desafío, pero es esencial para contrarrestar el deterioro ambiental causado por el desconocimiento de contaminantes.

Cómo tema principal la utilización de biogás como combustible para automóviles en Chile conlleva varias conclusiones importantes, abarcando aspectos ambientales, económicos y de sostenibilidad. A pesar de eso el uso de biogás en automóviles si se puede lograr en Chile, con materia prima obtenida de la industria ganadera y lechera. Esta proporciona una alternativa más limpia y sostenible en comparación

con los combustibles fósiles convencionales. Esto contribuye a la reducción de emisiones de gases contaminantes, ayudando a mejorar la calidad del aire y a mitigar los impactos negativos en la salud pública.

La conversión de residuos orgánicos en biogás para su uso en automóviles no solo ofrece una fuente de energía renovable, sino que también aborda el problema de la gestión de residuos al utilizar materiales orgánicos que de otro modo podrían generar impactos ambientales negativos.

La integración del biogás en el sector del transporte Chileno contribuye a la diversificación de la matriz energética, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles y fortaleciendo la resiliencia del sistema de transporte ante fluctuaciones en la oferta de petróleo.

Al utilizar biogás producido a partir de residuos orgánicos, se fomenta la economía circular al cerrar el ciclo de vida de los materiales y promover la reutilización de recursos en lugar de su eliminación en vertederos.

La implementación de tecnologías y la infraestructura necesaria para el uso de biogás en automóviles puede generar oportunidades de empleo en sectores como la producción de biogás, la conversión de vehículos y la gestión de estaciones de servicio de biogás.

La adopción del biogás en el transporte impulsa la innovación tecnológica en la fabricación de vehículos y en la infraestructura relacionada con el suministro y almacenamiento de biogás.

La implementación exitosa del biogás en automóviles requiere un marco regulatorio sólido y políticas públicas que promuevan la inversión, la investigación y el desarrollo en esta área.

La aceptación y adopción generalizada del biogás como combustible para automóviles en Chile dependerá en gran medida de la educación y concientización del consumidor sobre los beneficios ambientales y económicos de esta tecnología. La incorporación de biogás como combustible para automóviles en Chile ofrece una serie de ventajas ambientales y económicas. Sin embargo, su éxito continuo dependerá de la colaboración entre el sector público y privado, así como de la aceptación y participación de la sociedad. Así bien pudimos verificar que se puede ocupar Biogás en automóviles y evaluamos su rendimiento, por lo que a su vez mediante su economía circular es rentable la producción en Chile en grandes cantidades.

A nivel personal, esta investigación fortaleció mis conocimientos como profesional al emplear una nueva idea y abordar un área compleja. La estructuración del trabajo implicó analizar las necesidades de la comunidad y evaluar el impacto que deseaba abordar: la contaminación. La informática facilitó la organización y estructura de la investigación, promoviendo nuevas formas de compartir información beneficiosa para el futuro de nuestro planeta. Además, la administración contribuyó a estructurar y difundir la información a otras áreas de estudio.

Al estructurar el documento, se destacaron las diferencias entre las diversas fuentes de energía utilizadas comúnmente por la población. El biogás busca mejorar y reducir los costos de uso e implementación, presentándose como una alternativa importante que podría sustituir recursos como el petróleo. Sus aplicaciones útiles se

observan tanto a nivel agrícola como doméstico.

La búsqueda de materiales para este trabajo fue desafiante, ya que, en nuestro país, el biogás se considera principalmente para cultivos y no como una alternativa para la producción de gas, electricidad y fertilizantes. Los materiales específicos requeridos son fundamentales, ya que solo requieren mantenimiento en un tiempo determinado de uso.

Este proyecto no solo es una investigación, sino también una reflexión hacia el futuro. Nos recuerda que existen alternativas para dejar de contaminar el medio ambiente y que es crucial considerar el agotamiento de los recursos naturales que causamos diariamente.

RECOMENDACIONES

Dada la reconocida variedad de ventajas y los beneficios inherentes al uso de la biodigestión anaeróbica para generar biogás, resulta imperativo implementar un programa de promoción que estimule su producción y utilización a través de la concesión de incentivos tanto directos como indirectos, con el objetivo de fomentar la inversión a gran escala, por esto mismo desarrollé 3 recomendaciones clave:

1. Fomentar Incentivos y Regulaciones Favorables: Para impulsar la adopción del biogás como combustible para automóviles en Chile, es crucial establecer un marco normativo que incentive y regule su uso. Esto podría incluir la implementación de incentivos fiscales para fabricantes y consumidores, así como la creación de políticas que promuevan la instalación de estaciones de

servicio de biogás. Además, se debe considerar la posibilidad de subsidios o créditos para la conversión de vehículos a sistemas de biogás, lo que facilitaría la transición hacia esta fuente de energía más sostenible.

2. Fomentar la Investigación y Desarrollo: La inversión en investigación y desarrollo es esencial para optimizar la producción, almacenamiento y distribución del biogás, así como para mejorar la eficiencia de los motores adaptados a este combustible. Apoyar iniciativas de investigación y desarrollo también puede abrir oportunidades para la innovación en tecnologías de conversión de vehículos y sistemas de inyección de biogás, facilitando su integración en el mercado automotriz chileno.
3. Campañas de Concientización y Educación: Una estrategia integral de implementación del biogás como combustible debe ir acompañada de campañas de concientización y educación dirigidas tanto a los consumidores como a los fabricantes de vehículos. Es fundamental destacar los beneficios ambientales y económicos del biogás, así como abordar posibles mitos o percepciones erróneas. La educación sobre la disponibilidad de estaciones de servicio de biogás y la capacidad de los vehículos para funcionar con este combustible es clave para generar confianza y aumentar la adopción a nivel nacional.

Este programa debería incluir la aplicación de incentivos fiscales, respaldo a investigaciones e inversiones, así como un cambio proactivo en la actitud de las instituciones públicas para facilitar estos procesos. Asimismo, resulta esencial establecer una línea de apoyo dirigida a los pequeños y medianos productores agroalimentarios, de modo que puedan adoptar iniciativas de este tipo y así

integrarse en cadenas agroalimentarias con prácticas sostenibles, cada vez más demandadas por los mercados internacionales.

El hecho de que el biogás sea producido a partir de biomasa disponible, generalmente en forma de residuos, evita la competencia con alimentos o el uso de tierras, generando notables externalidades positivas y contribuyendo a la mitigación del efecto invernadero.

Para potenciar el uso de este biocombustible, es necesario contar con un marco normativo que promueva y regule su utilización, superando restricciones asociadas al manejo de ciertos residuos que son claros precursores de biogás.

Se evidencia una carencia significativa de profesionales y técnicos capacitados para masificar esta tecnología. Por tanto, resulta esencial impulsar la formación y preparación de estos profesionales, al tiempo que se incentiva la investigación y desarrollo en este ámbito.

Cabe destacar que la producción de biogás se alinea con cuatro de los ejes estratégicos del Ministerio de Agricultura: convertir a Chile en una potencia agroalimentaria, utilizar mecanismos de producción limpia, diversificar la matriz energética y fomentar la inclusión social, dado que existen tecnologías aplicables a pequeña escala que son esenciales para preservar el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Borràs, C. (2017, 27 noviembre). Energía del metano. *ecologiaverde.com*.
<https://www.ecologiaverde.com/energia-del-metano-17.html>
2. Costas, J. (2019, 9 abril). ¿Es viable el biogás para los coches de gas natural comprimido (GNC)? *Motor.es*. <https://www.motor.es/noticias/es-viable-el-biogas-para-los-coches-de-gnc-201956342.html>
3. De Los Ángeles Barrionuevo, M. (2021, 21 febrero). *Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de una propuesta de generación y aprovechamiento del gas metano a partir de los residuos sólidos En el cantón Mocache, provincia de Los Ríos*.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/16796>
4. Díaz, B. T. (2020, 26 junio). Los mayores productores de leche emiten tantos gases de efecto invernadero como todo el Reino Unido.
sinergiaanimal. <https://www.sinergiaanimal.org/single-post/2020/06/26/productores-de-leche-emiten-tantos-gases-como-reino-unido>
5. *Español — IPCC*. (s. f.). IPCC. <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
6. Fernando, D. S., V. (2004). *Combustión catalítica de metano en reactores con inversión periódica de flujo: diseño operación y simulación*. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=209618>

7. Gvaras. (2023). Investigadores chilenos buscan estrategias de mitigación del metano en la producción ganadera del sur de Chile. *INIA*.
<https://www.inia.cl/2023/06/16/investigadores-chilenos-buscan-estrategias-de-mitigacion-del-metano-en-la-produccion-ganadera-del-sur-de-chile/>
8. *IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change*. (s. f.).
https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
9. Ivaldi, T. (2023). Te explicamos cuáles son los principales tipos de investigación. *Tesis y Másters Colombia*. <https://tesisymasters.com.co/tipos-de-investigacion/>
10. Morales, F. C. (2022). Tipos de fuentes de información. *Economipedia*.
<https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-fuentes-de-informacion.html>
11. *¿Qué es el biogas y cómo se obtiene? Conoce sus ventajas | Repsol*. (2023, 13 septiembre). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biogas/index.cshtml>
12. Robledo, P. P. (2023, 12 enero). *El panorama de los biodigestores en Chile, una alternativa para la gestión de los residuos orgánicos - País Circular*. País Circular. <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/el-panorama-de-los-biodigestores-en-chile-una-alternativa-para-la-gestion-de-los-residuos-organicos/>
13. *DECHEMA | Gesellschaft für chemische Technik und Biotechnologie E.V.* (2019, 10 mayo). <https://dechema.de/en/-p-20077515.html>

14. Energy, E. C. (2023a, septiembre 1). El uso del gas natural en el transporte. *Energy5*. <https://energy5.com/es/el-uso-del-gas-natural-en-el-transporte>
15. Energy, E. C. (2023b, septiembre 1). Explorando el mundo del biogás en los sistemas de transporte público. *Energy5*.
<https://energy5.com/es/explorando-el-mundo-del-biogas-en-los-sistemas-de-transporte-publico>
16. Makara, A., Kowalski, Z., Lelek, Ł., & Kulczycka, J. (2019). Comparative analyses of pig farming management systems using the Life cycle assessment method. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118305.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118305>
17. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa. (2023, 11 septiembre). *Leche y derivados - ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*.
ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
<https://www.odepa.gob.cl/rubros/leche-y-derivados>
18. Team, C. 1. T. (s. f.). *M5Q6: Chemistry of the atmosphere*. Pressbooks.
<https://wisc.pb.unizin.org/chem103and104/chapter/chemistry-of-the-atmosphere-m5q6/>
19. TODOS LOS PROYECTOS. (2022, 11 abril). *10 MARCO EPISTEMOLÓGICO* [Vídeo]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=B5TxyLcv9KM>

20. TotalEnergies. (2021). Biogás: ¿Cómo se obtiene esta fuente de energía renovable? *TotalEnergies*.

<https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/biogas-fuente-de-energia-renovable>

21. *Vygotsky quien es - Google Search*. (s. f.).

https://www.google.com/search?q=Vygotsky+quien+es&client=firefox-b-d&sca_esv=575673287&sxsrf=AM9HkKmbRk4Ar937rXIBzDk-xxiWjglzGg%3A1698026818641&ei=QtU1ZcnYJpjb1sQP972luAY&ved=0ahUKEwjJgeDqiouCAxWYrZUCHfceAmcQ4dUDCA8&uact=5&oq=Vygotsky+quien+es&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiEVZ5Z290c2t5IHF1aWVuIGVzMgUQABiABEihLVDdAli9KHABeAGQAQCYAdsBoAGJA6oBBTluMC4xuAEDyAEA-AEB-AECwglKEAAYRxiWBBiwA8ICBxAjGloFGCfCAgcQABiKBRhDwglHEC4YigUYQ8ICBhAAGAcYHulDBBgAIEGIBgGQBgg&sclient=gws-wiz-serp

22. Weiland, P. (2009). Biogas production: current state and perspectives.

Applied Microbiology and Biotechnology, 85(4), 849-860.

<https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>

23. De Los Ángeles Barrionuevo, M. (2021, 21 febrero). *Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de una propuesta de generación y aprovechamiento del gas metano a partir de los residuos sólidos En el*

cantón Mocache, provincia de Los Ríos.

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/16796>

24. Díaz, B. T. (2020, 26 junio). Los mayores productores de leche emiten tantos gases de efecto invernadero como todo el Reino Unido. *sinergiaanimal*. <https://www.sinergiaanimal.org/single-post/2020/06/26/productores-de-leche-emiten-tantos-gases-como-reino-unido>
25. *Español* — IPCC. (s. f.). IPCC. <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
26. Fernando, D. S., V. (2004). *Combustión catalítica de metano en reactores con inversión periódica de flujo: diseño operación y simulación*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=209618>
27. Gvaras. (2023). Investigadores chilenos buscan estrategias de mitigación del metano en la producción ganadera del sur de Chile. *INIA*. <https://www.inia.cl/2023/06/16/investigadores-chilenos-buscan-estrategias-de-mitigacion-del-metano-en-la-produccion-ganadera-del-sur-de-chile/>
28. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (s. f.). https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
29. Ivaldi, T. (2023). Te explicamos cuáles son los principales tipos de investigación. *Tesis y Másters Colombia*. <https://tesisymasters.com.co/tipos-de-investigacion/>

30. Morales, F. C. (2022). Tipos de fuentes de información. *Economipedia*.
<https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-fuentes-de-informacion.html>
31. *¿Qué es el biogas y cómo se obtiene? Conoce sus ventajas | Repsol*.
(2023, 13 septiembre). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biogas/index.cshtml>
32. Robledo, P. P. (2023, 12 enero). *El panorama de los biodigestores en Chile, una alternativa para la gestión de los residuos orgánicos - País Circular*.
País Circular. <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/el-panorama-de-los-biodigestores-en-chile-una-alternativa-para-la-gestion-de-los-residuos-organicos/>
33. Aguilar, N. (s/f). Es el sustituto del gas natural y podrías utilizarlo como combustible para tu coche: el biometano. Diariomotor. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://www.diariomotor.com/que-es/biometano/>
34. Angeles, U. L. [@UnivisionLosAngeles]. (2017, mayo 24). *¿Cómo usar el gas metano como combustible para mover vehículos?* Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=djcpebXGpfs>
35. ArainfoNoticias. (2020, junio 16). Los coches de gas, catalogados como ECO, contaminan tanto como la gasolina o el diesel. AraInfo · Diario Libre d'Aragón. <https://arainfo.org/los-coches-de-gas-catalogados-como-eco-contaminan-tanto-como-la-gasolina-o-el-diesel/>

36. Baranova, M. (é, 10 abr 2019). ¿Es posible hacer que un coche funcione con basura? Neo Motor. <https://neomotor.epe.es/industria/es-posible-hacer-que-un-coche-funcione-con-basura-FUNM514>
37. bioconstruct [@bioconstructer]. (2009, julio 22). ¿Cómo funciona una planta de biogás? Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Vfpru30YOPM>
38. Bioenergía - Reacción del sector del biogás contra un informe que achaca al biometano contaminar más que el diésel - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. (2019). <https://www.energias-renovables.com/bioenergia/reaccion-del-sector-del-biogas-contra-un-20190920>
39. Bioenergía - Siete coches con biometano en más de siete años de All Gas - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. (2019). <https://www.energias-renovables.com/bioenergia/siete-coches-con-biometano-en-mas-de-20190121>
40. Bioenergía - Un estudio revela que el biometano es el combustible que menos CO2 emite en el transporte - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias. (2019). <https://www.energias-renovables.com/bioenergia/un-estudio-revela-que-el-biometano-es-20191017>
41. Biogas - Un estudio revela que el biometano es el combustible que menos CO2 emite en el transporte - Renewable Energy Magazine, at the heart of

clean energy journalism. (2019).

<https://www.renewableenergymagazine.com/biogas/un-estudio-revela-que-el-biometano-es-20191017>

42. Bouter, A., Melgar, J., & Ternel, C. (s/f). Etude ACV de véhicules roulant au GNV et bioGNV. Ifpenergiesnouvelles.fr. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de [https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation%20et%20industrie/Analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20\(ACV\)/Rapport_ACV%20GNV_version%20finale.pdf](https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation%20et%20industrie/Analyse%20du%20cycle%20de%20vie%20(ACV)/Rapport_ACV%20GNV_version%20finale.pdf)

43. Cerrillo, A. (2023, diciembre 19). El Govern rechaza conectar la red de agua de Barcelona a la del Ebro. La Vanguardia.
<https://www.lavanguardia.com/natural/20231219/9459786/govern-rechaza-conectar-red-agua-barcelona-ebro.html>

44. Chiclana, 8tv [@8tvChiclana]. (2019, enero 17). NUEVO VEHICULO BIOGAS. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=537slGjvlpq>

45. Conoce los beneficios del Biometano como combustible. (s/f). Vamos.es.

46. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://www.vamos.es/noticias-coches/biometano-combustible-que-se-genera-a-partir-de-desechos-organicos>

47. Cortes, P. (s/f). TRANSICIÓN ENERGÉTICA: UTILIZACIÓN DEL BIOMETANO COMO COMBUSTIBLE PARA AUTOMÓVILES.
Sxsmedioambiente.com. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de

<https://sxsmedioambiente.com/transicion-energetica-utilizacion-del-biometano-como-combustible-para-automoviles/>

48. Costas, J. (2009, enero 25). Biogás, un combustible asqueroso y limpio.

Motorpasion.com; Motorpasión.

<https://www.motorpasion.com/tecnologia/biogas-un-combustible-asqueroso-y-limpio>

49. El biogás como combustible alternativo | Genia Bioenergy. (s/f).

Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de

<https://geniabioenergy.com/biogas-combustible-alternativo/>

50. El biometano como combustible para vehículos . (2022, mayo 13). tuteorica;

Administrador. <https://tuteorica.com/blog/el-biometano-como-combustible-para-vehiculos/>

51. El biometano en vehículos de gas reducirá un 55% el CO2 en 2030. (2020,

julio 8).leet People. <https://fleetpeople.es/el-biometano-en-vehiculos-de-gas-reducira-un-55-el-co2-en-2030/>

52. Español, D. W. [@dwespanol]. (2021, enero 5). El viaje del biogás.

Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=0P8tikz09gM>

53. Hogg, B. M. (2006, noviembre 29). La ganadería produce más gases

contaminantes que el transporte. Noticias ONU.

<https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>

54. Informa, I. [@INTAInforma]. (2015, junio 22). Metano convertido en biocombustible. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=81k-7zR6_ys
55. Inicio. (s/f). FAOHome. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://www.fao.org/home/es>
56. Las pruebas en carretera muestran que los camiones a gas son hasta 5 veces peores para la contaminación atmosférica. (2019, septiembre 18). Transport & Environment. <https://www.transportenvironment.org/discover/las-pruebas-en-carretera-muestran-que-los-camiones-gas-son-hasta-5-veces-peores-para-la/>
57. Nexotrans. (2017, marzo 7). Ventajas del biogás para vehículos de carretera. Nexotrans. <https://www.nexotrans.com/noticia/85783/nexobus/ventajas-del-biogas-para-vehiculos-de-carretera.html>
58. Países con mayor producción de biocombustible a nivel mundial en 2022. (s/f).
59. Statista. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://es.statista.com/estadisticas/635730/paises-lideres-en-la-produccion-de-biocarburante/>
60. Smallops. (2021, diciembre 21). NÚMERO DE PLANTAS DE BIOGÁS EN ESPAÑA Y EUROPA. SMALLOPS. <https://smallops.eu/numero-plantas-biogas/>

61. TotalEnergies. (2023, junio 6). Biogás y biometano, una alternativa al gas natural en los vehículos. TotalEnergies Blog: Expertos en lubricantes para tu motor. <https://blog.totalenergies.es/biogas-y-biometano-alternativa-gas-natural-vehiculos/>

62. tuteorica.com [@tuteorica]. (2022, mayo 7). El combustible más ecológico: biometano o biogás . Sin modificaciones en el vehículo. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=XoHzAZFFRgQ>

63. UEStudio. (2022, octubre 30). Biogás: residuos orgánicos que pueden calentar tu casa y propulsar tu coche. Sostenibles. <https://sostenibles.elmundo.es/biogas-residuos-organicos-que-pueden-cantar-tu-casa-y-propulsar-tu-coche>

64. United Nations. (s/f). Causas y efectos del cambio climático | Naciones Unidas. Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>

65. Ventajas del biogás frente otras energías renovables | Genia Bioenergy. (s/f). Recuperado el 19 de diciembre de 2023, de <https://geniabioenergy.com/ventajas-del-biogas-frente-otras-energias-renovables/>

66. Morales, F. C. (2022). Tipos de fuentes de información. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-fuentes-de-informacion.html>

67. ¿Qué es el biogas y cómo se obtiene? Conoce sus ventajas | Repsol.

(2023, 13 septiembre). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biogas/index.cshtml>

68. Robledo, P. P. (2023, 12 enero). El panorama de los biodigestores en Chile, una alternativa para la gestión de los residuos orgánicos - País Circular.

País Circular. <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/el-panorama-de-los-biodigestores-en-chile-una-alternativa-para-la-gestion-de-los-residuos-organicos/>