

Por un mundo sostenible...

El biogás



Autoras: Paula Cano Pedrosa, Marisol Peregrín Llaquet, Míriam Jover Serra

Tutora: Anna Maria Carreras

2019/2020

Colegio La Vall



Cofinanciado por el
programa Erasmus+
de la Unión Europea



AGRADECIMIENTOS

Queríamos expresar nuestra gratitud a todas aquellas personas que han hecho posible este trabajo de investigación. Especialmente a Anna Maria Carreras, nuestra tutora en este proyecto, quien nos ha guiado durante el proceso y nos ha ayudado a resolver todo tipo de dudas.

También queríamos dar las gracias al resto de profesoras del Colegio La Vall, con mención especial a Natividad Saiz, cuya ayuda también ha sido muy importante para la realización de este proyecto.

Queríamos agradecer también la ayuda desinteresada proporcionada por Josep Vicens (técnico responsable de residuos de la planta de biogás Apergas), quien nos atendió y explicó el funcionamiento de la planta, aportando el conocimiento fundamental para el desarrollo de la parte práctica de nuestro trabajo.

Para finalizar agradecemos la ayuda proporcionada por nuestros familiares Ester Jover, Quim Jover, Marta Peregrín, Marisol Llaquet y Carmen Pedrosa que nos brindaron su apoyo aportando ideas, contactos y soporte logístico. Gracias a su colaboración, la visita a Apergas fue posible y con ello la realización de este trabajo.

ABSTRACT

Cada vez somos más conscientes de los efectos negativos medioambientales del cambio climático. Se han propuesto numerosas soluciones y una de ellas consiste en reemplazar los combustibles fósiles por una energía renovable, el biogás.

El biogás es un tipo de energía que, después de su combustión, emite una cantidad de CO₂ inferior a la que emiten los combustibles fósiles.

Este proyecto está focalizado en el estudio teórico y práctico del biogás, con objetivo de observar la eficacia de esta energía renovable para poder ofrecer una solución que ayude a frenar el efecto invernadero. Con este fin, la pregunta de investigación es la siguiente: Si todas las granjas vacunas de Cataluña apostaran por la producción del biogás, ¿qué efecto tendría en la emisión de los gases de efecto invernadero?

Un estudio de la planta de biogás Apergas, en Girona, junto con una visita al laboratorio alemán Forschungszentrum nos han proporcionado la base y herramientas necesarias para llevar a cabo con éxito esta investigación.

Los hallazgos de este estudio son a nivel regional. Nos muestran que, si las granjas vacunas de Cataluña incorporasen una planta de biogás, los niveles de CO₂ emitidos a la atmósfera disminuirían radicalmente. Por lo tanto, podemos concluir que el biogás es una alternativa eficaz que puede ayudar a reducir los combustibles fósiles, altamente contaminantes.

ÍNDICE

Prólogo	6
1. Introducción	8
2. El Biogás	10
2.1 ¿Cómo se produce?	10
2.2 Biodigestores	12
2.3 Condiciones para la biodigestión	13
2.4 Usos del Biogás	13
2.5 Ventajas e inconvenientes	15
3. La Biomasa	6
3.1 ¿Qué es?	16
3.2 La biomasa como fuente de energía	16
3.3 Tipos de biomasa según su origen	17
3.4 Formación de la biomasa	18
3.5 Proceso de transformación de la biomasa	19
3.6 Ventajas e inconvenientes de producir energía a partir de la biomasa	20
4. Los biocombustibles/ biocarburantes	22
4.1 ¿Qué son?	22
4.2 Biocarburantes como fuente de energía	22
4.3 Obtención de biocombustibles	22
4.4 Utilización de biocombustibles	23
4.5 Tipos de biocombustibles	23
4.6 Ventajas e inconvenientes de los biocombustibles	24
5. Biogás y los gases de efecto invernadero	25
6. Apergas	27
6.1 Cómo llegamos a Apergas	27

6.2 Visita a Apergas	28
6.3 Guía por las instalaciones	29
6.4 Formación del Biogás	31
6.5 Aspectos que se deben tener en cuenta ante la formación del biogás	32
6.6 Finalización del proceso	33
6.7 Utilización de la energía producida	34
7. Posible impacto del biogás en el medio ambiente	35
7.1 Emisiones de CO2 Apergas (por estiércol bovino)	35
7.2 Emisiones de CO2 Cataluña (por estiércol bovino)	36
7.3 Emisiones de CO2 del sector de Agricultura en Cataluña (por estiércol bovino)	37
7.4 Posible energía eléctrica producida por el biogás	38
8. Actualidad	40
9. Conclusiones	42
10. Bibliografía	45
11. Glosario	52
12. Índice de fotografías	
12.1 Imagen 1: Esquema de la producción del biogás	12
12.2 Imagen 2: Digestor	13
12.3 Imagen 3: Extracción de leche de las vacas	29
12.4 Imagen 4: Rastrillo mecánico	29
12.5 Imagen 5: Camas de las vacas	29
12.6 Imagen 6: Depósito de estiércol	30
12.7 Imagen 7: Depósito subterráneo	30
12.8 Imagen 8-9: Digestores	31
12.9 Imagen 10-11-12: Ordenador central	32
12.10 Imagen 13: Válvula de seguridad	33
12.11 Imagen 14: Parte sólida del residuo	33
12.12 Imagen 15: Balsa almacenadora del residuo	34

13. Anexo 1

14. Anexo 2

PRÓLOGO

Al principio no teníamos muy claro el tema del proyecto, debido a la gran variedad de opciones posibles. Temíamos realizar una elección errónea puesto que suponía dedicar una parte importante de nuestro tiempo a su investigación y desarrollo.

La Vall nos propuso participar en un proyecto europeo Erasmus+, dedicado a la investigación de energías renovables para buscar alternativas a los combustibles fósiles y minimizar el impacto en el cambio climático. Esta oportunidad nos entusiasmó tanto académicamente como personalmente y por eso decidimos participar.

En Octubre fuimos al prestigioso Forschungszentrum de Jülich, en Alemania. Allí pudimos realizar unas prácticas sobre sostenibilidad muy interesantes, como estudiar la extracción de energía a partir de las plantas, construir nuestra propia placa solar, experimentar con la superconductividad,... En definitiva, se nos abrieron los ojos al mundo de la investigación científica, lleno de posibilidades inimaginables. En ese momento, se despertó en nosotras la inquietud de investigar profundamente acerca del cambio climático.

A la vuelta, ya teníamos claro el foco de nuestro trabajo de investigación: el cambio climático. Ya sabíamos que para reducir su impacto en nuestro planeta, una posible solución era sustituir parte de los combustibles fósiles por energías renovables. Y pensando en todas las opciones, decidimos escoger el biogás puesto que no sabíamos gran cosa de él y es poco utilizado en Cataluña.

El desarrollo de la parte práctica ha tenido alguna dificultad, porque empezamos contactando con una planta de biogás alemana, pero a la mitad del proyecto la empresa tuvo problemas y no pudieron ayudarnos. Aprendimos a crecer ante las dificultades, y afortunadamente contactamos con la empresa Apergas, una planta de biogás situada en Gerona. Pudimos visitarla y esto nos aportó una excelente explicación sobre todo el proceso que se debía realizar para la obtención del biogás.

Al poder ver con nuestros propios ojos lo que llevábamos tiempo estudiando, quedamos verdaderamente satisfechas y emocionadas. También nos admiró que toda esta planta nació a raíz de un proyecto de final de carrera. Esto nos motivó y nos demostró que una meta se puede alcanzar si detrás hay un buen trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema medioambiental muy grave por sus consecuencias en el planeta: la subida del nivel del mar, el aumento de las temperaturas, el deshielo de los glaciares etc. Cada vez nuestra sociedad es más consciente de su importancia y por ello se han realizado numerosos estudios, proyectos y movimientos sociales (como el liderado por Greta Thunberg, o The Climate Reality Project) para concienciar e intentar buscar solución a este problema.

Para combatirlo, se han propuesto diversas soluciones como el reciclaje, la restricción de la conducción de coches altamente contaminantes o la plantación de nuevos árboles. Una de estas soluciones se centra en la producción de energía a partir de diferentes tipos de energías renovables, ya que la mayor parte de la gran cantidad de toneladas de CO₂ que se emiten están directamente relacionadas con el uso de combustibles fósiles (como el carbón, petróleo...). Si se deja de utilizar estos combustibles fósiles y se sustituyen por otros que emitan menor cantidad de CO₂, se reducirá parte del cambio climático.

Este trabajo de investigación tiene como fin contribuir a esta causa. Se pretende investigar para poder encontrar respuestas y con ello posibles soluciones a este problema medioambiental. Se ha decidido escoger el biogás, entre todas las energías renovables existentes, ya que en España, está poco desarrollada y se considera interesante dar oportunidades a propuestas minoritarias.

Se pretende profundizar en el estudio de la producción del biogás para comprender su funcionamiento, analizar su eficacia e investigar la posible reducción del impacto medioambiental.

La hipótesis de este trabajo es:

“La implantación de plantas de biogás en las granjas vacunas contribuye al medio ambiente y ayuda a autoabastecer energéticamente las mismas”.

Se pretende investigar la posible reducción de emisión de los gases de efecto invernadero. Con los resultados de esta investigación y las conclusiones halladas, si son las esperadas, se puede plantear la propuesta de la implantación de plantas de biogás a diferentes organizaciones tanto a nivel local (Amics de la Terra de Catalunya) como a nivel nacional (Greenpeace España).

Para proceder a esta investigación, es esencial realizar un estudio previo sobre la biomasa y los biocombustibles, bases para comprender el biogás.

A nivel experimental, se ha contactado con distintas granjas que disponen de una planta de biogás, con la intención de comprender en vivo y en directo todo el proceso de producción de biogás y conseguir datos reales sobre la energía producida. En este apartado, han surgido algunas dificultades que se comentarán más adelante.

2. EL BIOGÁS

El biogás es un gas incoloro, de gusto azucarado y olor a huevo podrido. Es un biocombustible que está constituido principalmente por metano (CH₄) en 50-75 vol. % y dióxido de carbono (CO₂) en 25-50 vol. %, aunque también contiene diversas impurezas:

- Vapor de agua (2-7 Vol.-%)
- Sulfuro (0,002-2 Vol.-%)
- Nitrógeno (< 2 Vol.-%)
- Amoníaco (< 1 Vol.-%)
- Hidrógeno (< 1 Vol.-%)
- Trazas de gases (< 2 Vol.-%).

La variedad de su composición depende directamente de la materia orgánica a partir de la cual se ha generado.

Sus características generales son:

- Contenido de energía* 6,0 – 6,5 kWh/m³
- Equivalente en combustible 0,60 – 0,65 L petróleo/m³ de biogás
- Densidad de 1,25 kg/m³
- Temperatura de ignición* 650-750 °C (con el contenido de metano mencionado arriba)
- Temperatura crítica* -82,5 °C
- Presión crítica* 75-89 bar

2.1 ¿Cómo se produce?

Se produce a partir de la **biomasa**, que se obtiene de diversas fuentes:

- residuos animales (estiércol líquido y sólido, desechos de matadero como sangre, plumas, etc.)
- residuos industriales y comerciales (residuos orgánicos de industrias alimenticias, comida caducada o residuos de restaurantes, etc.)

- residuos urbanos orgánicos (residuos sólidos municipales orgánicos, residuos de jardín y parques...)
- residuos vegetales (residuos de la cosecha, paja, cáscaras, hojas)
- cultivos energéticos (pasto, maíz, grano, mostaza, ...)

Con esta biomasa se da un proceso nombrado **digestión anaeróbica*** mediante el cual se convierte la materia orgánica en biogás. La digestión anaeróbica también ocurre en pantanos y lagunas de aguas residuales. Esta reacción es un proceso natural y se usa en una variedad de aplicaciones, como la fermentación de pan o la elaboración de cerveza.

En este se pueden distinguir cuatro fases:

1. Hidrólisis:

Los microorganismos acidogénicos* o fermentativos producen unas enzimas. Estas transforman las partículas y moléculas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) en compuestos orgánicos más simples (por ejemplo aminoácidos, azúcares y ácidos grasos).

2. Etapa fermentativa o acidogénica (la fase de acidificación)

Las bacterias fermentadoras (las cuales producen ácidos) dividen los elementos orgánicos simples (aminoácidos, ácidos graso, azúcares... Obtenidos en la hidrólisis) para formar ácidos grasos más bajos (acético, prebiótico y butírico) junto con dióxido de carbono e hidrógeno. También se forman pequeñas cantidades de ácido láctico y de alcoholes.

3. Etapa acetogénica (formación de ácido acético)

Las bacterias acetogénicas transforman los ácidos grasos de cadena corta en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

4. Etapa metanogénica

Por último, los microorganismos metanogénicos* producen metano a partir de ácido acético, H₂ y CO₂.

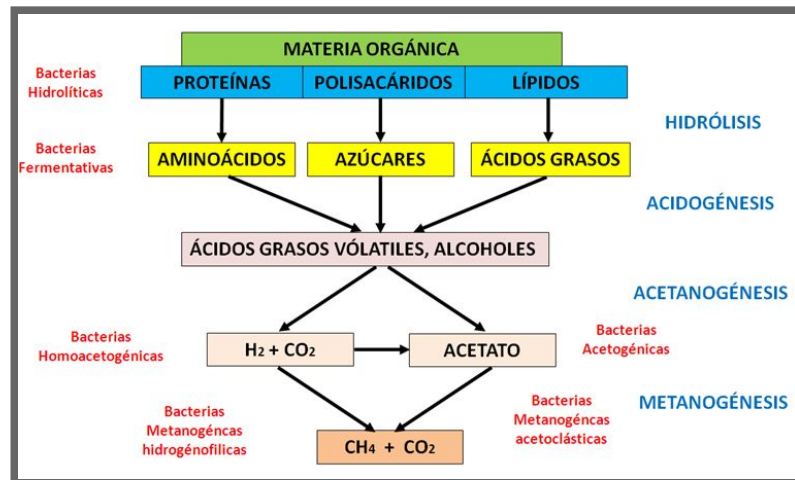


Imagen 1: Esquema de la producción del biogás.

2.2 Biodigestores

Un digestor es un contenedor en el que se da la digestión anaeróbica de materia orgánica. En su interior se deposita materia orgánica como desechos vegetales o frutales i materia que segregue bacterias (por ejemplo excremento animal) dentro de una disolución con agua. Esta mezcla, mediante la fermentación anaeróbica de los microorganismos, es degradada obteniendo como producto gas metano (Biogás) con trazas de otros gases.

Existen 3 tipos de biodigestores:

-Biodigestores de flujo discontinuo: La carga de la materia orgánica a fermentar se hace al principio del proceso y la descarga del efluente se hace al finalizar el proceso.

-Biodigestores de flujo semicontinuo: La carga de la materia orgánica y la descarga del efluente se realiza de manera continua o por pequeños baches (por ejemplo una vez al día).

-Biodigestores de flujo continuo: Tiene sistemas comerciales para el control y gestión del proceso. Con este sistema la producción de biogás es mucho mayor.

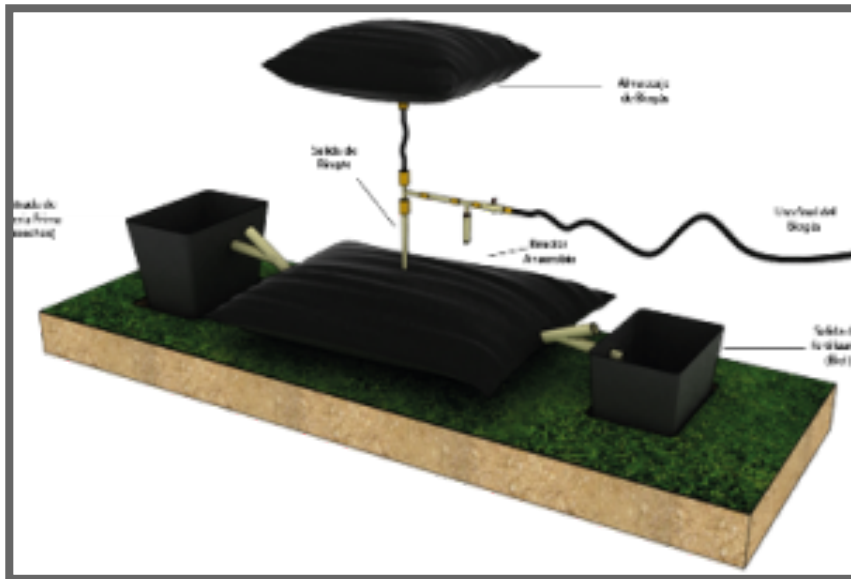


Imagen 2: digestor

2.3 Condiciones para la biodigestión

-La temperatura es muy importante para la producción de biogás, ya que los microorganismos que realizan la biodigestión disminuyen su actividad fuera de estas temperaturas.

-El nivel de acidez (debe tener un valor entre 6,5 i 7,5).

-El contenedor debe de estar perfectamente sellado para evitar que entre el oxígeno.

-Debe de contener entre el 80% y 90% de humedad.

-Se deberá tener un equilibrio del carbono y el nitrógeno.

2.4 Usos del biogás

El biogás es la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas: eléctrica, térmica o como carburante.

-Generar la energía térmica, que es su uso más directo. En zonas rurales, donde los combustibles son escasos, triunfan los pequeños sistemas de biogás, ya que proporcionan energía térmica para cocina, calentar agua y en algunos casos, energía lumínica.

-Generar energía eléctrica por medio de un motor de combustión interna*, una turbina de gas* o una pila de combustible.

-Generación de calor y energía eléctrica combinados (CHP), que se consigue por medio de una caldera de gas. La eficiencia combinada de potencia y calor es mucho mayor que usar el biogás para producir solamente potencia eléctrica o calor y que usar el biogás para producir solamente potencia o calor.

-Como carburante en combustible de vehículos, que se deben haber acondicionado para el funcionamiento con gas natural. Deberán tener un tanque de gas y un sistema de suministro de gas, además del sistema de gasolina normal de combustible. El biogás requerirá una calidad similar a la del gas natural.

-Para introducirlo en infraestructuras de gas natural existentes, tanto de transporte como de distribución. Previamente deberá ser tratado para ello.

Dependiendo de su uso será necesario un grado de purificación del gas, como vemos en la siguiente tabla:

Tabla 2.2. Aplicaciones del biogás y grado de purificación necesario

Aplicación	Necesidad de purificación o concentración máxima admisible			
	CO₂	H₂S	H₂O	Otros
Calderas (Calor)	No	<1000ppm	No	No
Motor comb. interna/CHP	No	<1000ppm	Sí, hasta evitar condensación	Sí (siloxanos)
Turbina de gas	No	<70.000ppm	Sí	Sí (siloxanos)
Pila de combustible	No	<0,1ppm	No	Sí (siloxanos)
Combustible vehículos	Sí	Sí	Sí	Sí
Inyección red gas natural	<2,5%	<15ppm	Sí	Sí (siloxanos)

Fuente: Llanea y col. (2010)

Tabla 1: grado de purificación del gas

2.5 Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

1. Reduce emisiones de gases de efecto invernadero, ya que la energía del biogás solamente proviene de la combustión del metano, y en el proceso se libera CO₂. Pero aún así, el CH₄ tiene un potencial de calentamiento global 21 veces superior al CO₂, es decir, la contribución de una molécula de metano al efecto invernadero es 21 veces mayor que la de dióxido de carbono. Por lo tanto no se produce dióxido de carbono adicional.
2. Es una fuente de energía renovable, ya que la biomasa es un recurso natural inagotable.
3. Al ser usada la biomasa, se reducen olores y se bioestabilizan residuos.
4. Permite reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles.
5. Producción no limitada por las condiciones climáticas (al contrario de la energía eólica, solar...)
6. El biogás puede ser producido donde sea sin importar si la planta industrial se localiza en una zona urbana o rural. Es por esto que la energía eléctrica y el calor pueden ser producidos donde los necesite.
7. En una planta de biogás se produce adicionalmente un fertilizante de alta calidad muy ventajoso: las plantas pueden aprovecharlo mejor que por ejemplo el estiércol o purín líquido. La mitad del nitrato es amonio, el cual la planta absorbe fácilmente y de manera rápida. La otra parte es nitrato orgánico, un fertilizante ideal para sus cosechas en el largo plazo. Otra importante ventaja es el suave olor de este fertilizante en comparación con el estiércol líquido.

Inconvenientes:

1. Sustancia fácilmente inflamable, y por lo tanto, peligrosa.
2. Dificultad de almacenamiento (sistema de compresión del gas complejo y caro).
3. Dificultad de distribución

3. LA BIOMASA

3.1 ¿Qué es?

La biomasa es la materia orgánica, es decir, el conjunto de células animales y vegetales descompuestas por la acción de microorganismos. Es utilizable como una fuente de energía renovable (fuentes en que la energía disponible existe en cantidades ilimitadas) y está originada por un proceso biológico, espontáneo o provocado, a través de la fotosíntesis de los vegetales.

3.2 Biomasa como fuente de energía

La energía de biomasa o bioenergía es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico. Generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales...). El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente mediante la transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos. Por esos motivos producir energía con la biomasa es un sistema ecológico, que respeta el medio ambiente y además no tiene muchos gastos.

Se trata de un tipo de producción de energía más barata y además, ayuda a mantener limpios los bosques por lo que colabora en la prevención de incendios. La biomasa utiliza la materia orgánica como fuente energética.

En la actualidad debido a diversos factores, detallados a continuación, ha habido un resurgimiento de la biomasa como fuente energética.

Los factores responsables de favorecer la biomasa como fuente energética son:

- El aumento de la producción agrícola.
- La necesidad de buscar usos alternativos a la producción agrícola.

- Cambio climático.
- Posibilidad de utilizar los conocimientos científicos y técnicos para optimizar el proceso de obtención de energía.
- Marco económico favorable para el desarrollo de plantas que utilizan biomasa como combustible, gracias a las subvenciones a la producción que reciben las plantas generadoras de energía con esta fuente.
- Dificultad normativa para desarrollar otro tipo de proyectos, dejando a la biomasa como la alternativa más razonable para rentabilizar una inversión económica.

3.3 Tipos de biomasa según su origen

Existen cuatro tipos de biomasa según su procedencia:

-La biomasa natural es aquella que se genera en los ecosistemas naturales, sin ningún tipo de intervención por parte del ser humano. La leña o las ramas son un ejemplo de este tipo de biomasa. El problema es que la explotación intensiva de este recurso no respeta el medio ambiente, por lo que no sería ya un tipo de combustible renovable y ecológico.

-La biomasa residual es aquella que se genera a partir de actividades que el hombre realiza, como por ejemplo, actividades agrícolas, ganaderas, la industria maderera o agroalimentaria. Su eliminación a veces supone un problema, por lo que convertir estos residuos en un recurso para crear un combustible sostenible es una muy buena opción.

Este es el tipo de biomasa que más ventajas tiene a la hora de utilizarlo como combustible, ya que no genera contaminación, no se daña el medio natural, los costes de producción y transporte son bajos y, además, se generan puestos de trabajo gracias a esta actividad.

La biomasa residual se divide a su vez en dos categorías:

-Los excedentes agrícolas que, por distintos motivos, no se utilizan para la alimentación humana, pueden usarse como combustible en plantas de generación eléctrica y también como biocombustibles.

-Los cultivos energéticos son cultivos específicos dedicados exclusivamente a la producción de energía. A diferencia de los agrícolas tradicionales, tienen como característica principal su gran productividad de biomasa. Entre los cultivos energéticos se pueden incluir cultivos tradicionales (cereales, caña de azúcar, semillas oleaginosas) y otros no convencionales (cynara, pataca, sorgo dulce).

3.4 Formación de la biomasa

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo mediante el proceso denominado fotosíntesis vegetal. Éste es el proceso por el que las plantas, algas y algunas bacterias, captan y utilizan la luz solar para transformar la materia inorgánica de su entorno en materia orgánica para su propio desarrollo como seres vivos.

La clorofila es un elemento muy importante en este proceso.

La fotosíntesis se basa en el uso de dióxido de carbono, agua y luz solar, para formar materia orgánica y a la vez producir oxígeno.

Los vegetales, gracias a la clorofila que se encuentra en las hojas, captan la luz solar que incide en ellos. Al mismo tiempo consumen dióxido de carbono. Por la raíz éstas absorben el agua y las sales minerales que contiene la tierra. Estas sustancias se mezclan formando así lo que se denomina: savia bruta. Ésta sube por el tallo hasta las hojas. Es en las hojas donde se produce la fotosíntesis; ésta consta de dos etapas. La primera, denominada **luminosa** o fotoquímica depende directamente de la luz que se recibe, Esta energía produce la excitación de los electrones y provoca la ruptura de las moléculas de agua, de tal forma que el oxígeno se libera y el resto de energía se transmite, generando moléculas de **ATP** (Adenosina trifosfato) y **NADPH** (Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato).

Estos componentes se utilizan en la siguiente etapa, que se conoce como **fase oscura**, ya que no depende directamente de la luz recibida. Esta segunda etapa se desarrolla en el **estroma**, el espacio acuoso interno del cloroplasto. Allí la energía en forma de ATP y NADPH producida en la fase luminosa se utiliza para fijar el dióxido de carbono. Ésto consiste en una serie de reacciones químicas en las que se da como resultado un compuesto similar al azúcar llamado **glucosa**, la materia orgánica que necesita la planta para su desarrollo. Ésta se distribuye como alimento por toda la planta pero también se almacena como reserva.

3.5 Proceso de transformación de la biomasa

La producción de la biomasa puede hacerse a través de cuatro procesos básicos mediante los que puede transformarse en calor y electricidad: combustión, pirólisis, gasificación y digestión anaerobia.

Combustión: Se somete a la biomasa a altas temperaturas con un exceso de oxígeno. Es el método tradicional para la obtención de calor en entornos domésticos, para la producción de calor industrial o para la generación de energía eléctrica.

Pirólisis: Se somete a la biomasa a altas temperaturas (alrededor de 500°C) sin presencia de oxígeno. Se utiliza para producir carbón vegetal y también para obtener combustibles líquidos semejantes a los hidrocarburos: compuestos químicos formados por carbono e hidrógeno.

Gasificación. Se somete a la biomasa a muy altas temperaturas en presencia de cantidades limitadas de oxígeno, las necesarias para conseguir así una combustión completa. Según se utilice aire u oxígeno puro, se obtienen dos productos distintos, en el primer caso se obtiene gasógeno o gas pobre (este gas puede utilizarse para obtener electricidad y vapor), en el segundo caso, tiene lugar en un gasificador (reactor donde tienen lugar varios procesos físicos y químicos complejos) con oxígeno y vapor de agua y lo que se obtiene es un combustible gaseoso obtenido a partir de sustancias ricas en carbono: el gas

de síntesis. La importancia del gas de síntesis es que este puede ser transformado en combustible líquido.

Digestión anaerobia: Se basan en la utilización de diversos tipos de microorganismos que degradan las moléculas a compuestos más simples. La digestión anaerobia de la biomasa por bacterias, se puede utilizar en explotaciones de ganadería intensiva, con la instalación de digestores o fermentadores, en donde la celulosa procedente de los excrementos animales se degrada en un gas que contiene cerca del 60% de metano.

3.6 Ventajas e inconvenientes de producir energía con la biomasa

Ventajas:

- Permite eliminar residuos orgánicos e inorgánicos, al tiempo que les da una utilidad.
- Es una fuente de energía renovable.
- Es una fuente de energía no contaminante. La energía de biomasa no contribuye al cambio climático: su balance en emisiones de CO₂ es neutro.
- Disminuye las emisiones de CO₂.
- Puede provocar un aumento económico en el medio rural.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- En su proceso de combustión genera cantidades insignificantes de azufre y cenizas por lo que no provoca el fenómeno de la lluvia ácida.
- El aprovechamiento de tierras abandonadas para los cultivos energéticos evita la erosión y degradación del suelo.
- Contribuye a la generación de empleo, como cualquier sector en auge. Para la biomasa sólida, en particular, hay un gran potencial de empleo en el cuidado y recogida de la biomasa, manipulación y transporte.

Inconvenientes:

- Los rendimientos de las calderas de biomasa son inferiores a los de las calderas que usan un combustible fósil líquido o gaseoso.
- La biomasa posee menor densidad energética, lo que hace que los sistemas de almacenamiento sean mayores.
- Los sistemas de alimentación de combustible y eliminación de cenizas son más complejos y requieren unos mayores costes de operación y mantenimiento.
- Los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.
- Muchos de estos recursos tienen elevados contenidos de humedad, lo que hace que en determinadas aplicaciones puede ser necesario un proceso previo de secado.
- No existen demasiados lugares idóneos para su aprovechamiento ventajoso.
- La incineración puede resultar peligrosa, al producir la emisión de sustancias tóxicas. Por ello se deben utilizar filtros y realizar la combustión a temperaturas mayores a los 900 °C.

4. LOS BIOCOMBUSTIBLES / BIOCARBURANTES

4.1 ¿Qué son?

Los biocombustibles, o también denominados biocarburantes, son mezclas de sustancias de origen orgánico que se utilizan como combustibles para la obtención de energía. Derivan de la biomasa, es decir, de materia orgánica que se origina y se acumula durante procesos biológicos como la fotosíntesis.

La ventaja de los biocombustibles es que, además de que pueden reemplazar una parte del consumo de los combustibles fósiles, reducen el impacto producido por estos, como los niveles de CO₂ que se emiten a la atmósfera mediante su combustión.

4.2 Biocarburante como fuente de energía

Se trata de una energía renovable, pues su producción es mucho más rápida que la formación de los combustibles fósiles.

4.3 Obtención de biocombustibles

Según la naturaleza de la biomasa, y el tipo de combustible deseado, se pueden utilizar diferentes métodos para obtener biocombustibles:

- Mecánicos (como la trituración)
- Termoquímicos (por ejemplo la combustión)
- Extractivos

Cada uno de estos procesos se inicia con la biomasa vegetal que se forma a partir del proceso de fotosíntesis, con el aporte de la energía solar que captan y transforman estos organismos.

4.4 Utilización de biocombustibles

El uso de los biocombustibles radica en que son una fuente de energía limpia y eficiente, por lo que en la actualidad sus usos y aplicaciones se extienden sectores, ya sea el industrial, automotriz o doméstico.

Su bajo coste lo hace perfecto para usar en las labores del hogar, como cocinar, calentar agua o encender la calefacción. Sin embargo, el área que registra más avances en la utilización de este tipo de combustibles de origen renovable, es el automotriz*, principalmente por lo económico que resulta, por la capacidad de potencia que es capaz de generar y porque es eco amigable, es decir, emite casi nada de desechos tóxicos al entorno, disminuyendo de manera significativa el efecto invernadero y la contaminación ambiental.

4.5 Tipos de biocombustibles

De acuerdo con la materia prima y la tecnología utilizada en su producción, los biocombustibles pueden clasificarse en primera, segunda y tercera generación.

- Los de primera generación, utilizan materias primas de uso alimentario y tecnologías de proceso como fermentación y transesterificación*; son estos los que principalmente han alcanzado una etapa de producción comercial. Los ejemplos más importantes son el biodiésel, el biogás y los bioalcoholes (etanol, metanol...).

- Los de segunda generación se obtienen a partir de materias primas que no tienen uso alimentario mediante los procesos ya mencionados así como por medio de procesos termoquímicos*.

-Los biocombustibles de tercera generación utilizan métodos de producción similares en cultivos bioenergéticos específicamente diseñados o adaptados; aún se encuentran en una fase inicial de desarrollo y lejos de ser producidos a escala comercial.

4.6 Ventajas e inconvenientes

Ventajas

- A diferencia de los combustibles fósiles, estos son prácticamente inagotable, porque están disponibles y no tardan millones de años en aparecer o reponerse.
- Con su producción y utilización en vehículos, se reducen visiblemente las emisiones de dióxido de carbono y azufre.
- La basura se reduce, porque gran parte de los residuos de materia orgánica se destinan a la producción de biocarburantes o biocombustibles.
- Generan empleo local y desarrollo sostenible.
- Su producción, almacenamiento y distribución es mucho más segura en comparación con los combustibles fósiles.

Inconvenientes

- -En los campos de cultivos se emplean fertilizantes nitrogenados y esto desemboca en un aumento de las emisiones de dióxido de nitrógeno y la contaminación de aguas subterráneas.
- Emplean mayor cantidad de materia prima que los fósiles, porque sus niveles energéticos son inferiores.
- Destrucción de espacios naturales para dedicarlos a la producción de biomasa, a fin de crear este espacio cultivo para biocombustibles.
- Hay técnicas donde se emplean combustibles fósiles para producir biocarburantes o biocombustibles.

5. BIOGÁS Y GASES DE EFECTO INVERNADERO

Muchas personas cuestionan el efecto contaminante del CO₂ que proviene de la combustión de una energía renovable, en este caso el biogás. Las diferencias entre el biometano y las energías fósiles se encuentra en el origen del átomo de carbono que forma el CO₂.

Para entender el origen de las energías fósiles tenemos que retroceder en el tiempo, cuando abundaba en el planeta un clima tropical que favoreció el crecimiento de masas vegetales. Gran parte de esta materia orgánica pasó al subsuelo y con el paso del tiempo y el efecto de procesos geológicos dio origen a los combustibles fósiles.

En cuanto se combustionan derivados del petróleo, carbón, gas natural etc. Se está emitiendo a la atmósfera un compuesto que ha estado retenido en el subsuelo durante millones de años, que contiene un CO₂ muy contaminante. Es lo que se denomina carbono de ciclo de largo y es ahí donde se encuentra la diferencia con el biogás.

Por otro lado el biogás está formado de un 50-75% en volumen de metano, el resto es mayoritariamente CO₂. El metano una vez se quema genera más CO₂; pero este CO₂ se encuentra dentro del ciclo corto del carbono y por lo tanto está considerado como natural, a diferencia del procedente de energía fósil.

Este ciclo empieza con el CO₂ en la atmósfera fijado por una planta. Mediante la fotosíntesis el átomo de carbono del CO₂ es utilizado en la formación de compuestos orgánicos para el desarrollo de la planta. Luego, esta planta puede pasar a la cadena de transformación, para alimentación animal, alimentación humana etc.

En este punto el ciclo se vuelve más complejo porque puede tener tantas ramificaciones como transformaciones se produzcan de esta materia prima vegetal. Lo que realmente sucederá es que se llegará un punto de este ciclo donde esta materia sea considerada un residuo. Ese residuo si se degrada de forma natural liberará a la atmósfera CO₂ y metano (este último es mucho más contaminante que el primero) en cambio, si estos residuos se tratan en una planta de biogás, solo se liberarán los átomos de carbono, generando energía y así cerrando el ciclo.

Por eso el papel de una planta de biogás va mucho más allá de la producción energética. El CO₂ producido por el proceso es el mismo que se generaría de forma natural por la degradación del residuo si se hubiese estado descomponiendo. La diferencia es que se controla esa descomposición de los restos orgánicos dentro de los reactores y se impide que el metano se libere a la atmósfera.

6. APERGAS

6.1 Cómo llegamos a Apergas.

Al empezar a pensar sobre la parte práctica de nuestro trabajo de investigación se nos ocurrió la idea de estudiar una planta de biogás Alemana, ya que teníamos un contacto alemán que se ofreció a proporcionarnos la información necesaria para realizar ese estudio.

Se trata de una familia de granjeros que se dedicaban a la elaboración de biogás a partir del trigo que había sobrado de los cultivos. Su producción era a pequeña escala es decir, la energía que obtenían servía para abastecer las necesidades eléctricas de su pueblo.

Para que nos pudiesen proporcionar información nos pusimos en contacto con ellos. Aunque la comunicación era difícil, puesto que no hablaban inglés ni español, nos pusimos en contacto con una persona que nos ayudó a traducir los textos y correos electrónicos que nos intercambiamos. Después de varias semanas intercambiando información, la empresa quebró económicamente y nos dieron la mala noticia de que a partir de aquel momento ya no podíamos contar con ellos para seguir con nuestra investigación.

Volvíamos a estar como al principio y tuvimos que actuar con rapidez, ya que nuestro trabajo de investigación estaba basado fundamentalmente en el estudio de esa fábrica alemana y, por lo tanto, necesitábamos buscar un plan alternativo para hacer frente a esta situación inesperada.

Después de hablar con distintos familiares, encontramos un contacto en Vilademuls, Girona, que se ofreció a ayudarnos y a colaborar con nosotras. La empresa en cuestión se llama Apergas, S.L.

6.2 Visita a Apergas.

Después de la decepción con la planta de biogás alemana, se abrió ante nosotras una nueva y mejor oportunidad para conocer de primera mano una empresa de estas características.

Apergas es una promotora de instalaciones de biogás en la provincia de Girona. Explota tres centrales de biogás, una propia con potencia de 500 kW, en el municipio de Sant Esteve de Guialbes -en marcha desde 2009-; otra de 250 kW en Vilobí d'Onyar -operativa desde 2011-, donde también participa un ganadero local. Y una tercera, desde 2014, también de 500 kW en Torregrossa (Lleida).

Dispone de licencia de obra para desarrollar dos plantas de biogás de residuos ganaderos de 500 kW en Vilanant y en Capmany (Alt Empordà), actualmente en estudio dada la nueva normativa, que obliga a replantear el proyecto y el coste de su inversión. Apergas actúa como propietaria de estos proyectos con opción de venta de licencias.

La compañía está participada por la Sociedad Agrícola de Transformación ganadera (SAT) Sant Mer, la ingeniería Energi y los socios de una empresa de instalaciones hidráulicas y de un transportista gestor de residuos.

Después de hablar telefónicamente con el director de la empresa, llamado Josep, nos propusieron ir a visitar sus instalaciones y hacer una visita guiada. Pensamos que era una buena oportunidad para poder ver con nuestros propios ojos cómo se producía el biogás y por lo tanto hacer un estudio de esta fábrica.

6.3 Guía por las instalaciones:

Y por fin el lunes dos de marzo visitamos la planta de Apergas. Se trata de una de las treinta fábricas de España que produce este tipo de energía renovable. Está situada en Vilademuls, Girona. Dispone de una granja de 900 vacas, las cuales producen cada una entre 30-40 L de leche al día que va destinada a ATO.



Imagen 3: Extracción de leche de las vacas.

Esas mismas vacas son las proveedoras del estiércol necesario para poder realizar el proceso del biogás (cada vaca genera 14 toneladas de estiércol al año). Esas vacas están dispuestas de manera que cuando defecan, el estiércol queda en un pasillo que se comunica con un depósito.



Imagen 4: Rastrillo mecánico

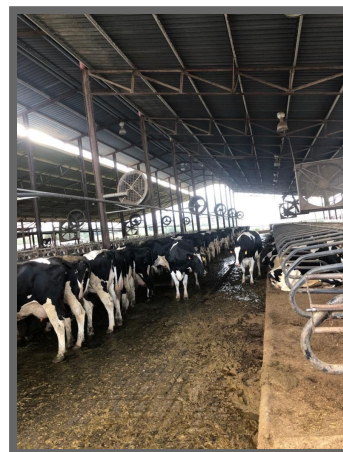


Imagen 5: Camas de las vacas



Imagen 6: Depósito de estiércol

Hay dos métodos para poder llevar ese estiércol hacia ese depósito. El primero, es una salida de agua a presión.

El segundo, es un rastrillo metálico. Pasa 3 veces al día, y muy lentamente, para no hacer daño a las vacas.

Una vez el estiércol está en el depósito es transportado por unos conductos hasta otro depósito subterráneo.



Imagen 7: Depósito subterráneo

6.4 Formación del Biogás

En el depósito subterráneo empieza la formación del biogás. Allí se forma el digestato: una mezcla de materia orgánica compuesta por estiércol y otros residuos procedentes del sector agroalimentario.

Estos residuos no suelen ser urbanos, ya que estos presentan impurezas, como microplásticos y metales pesados, que son perjudiciales para la producción de biogás. Suelen ser residuos del sector agroalimentario, como grasas de industrias farmacéuticas (sobrantes del proceso de extracción de la heparina), leche en mal estado de la propia granja y otros.

Cuanto más elevado es el porcentaje de materia orgánica del residuo, más cantidad de biogás se genera. El estiércol de vaca, por su bajo porcentaje de materia orgánica, no podría producir por sí solo el biogás necesario, pero al juntarlo con residuos de porcentajes muy elevados de materia orgánica (como glicerinas) se puede realizar con éxito ese proceso.

Como en la granja no se realiza ninguna filtración residual, las propiedades de los residuos están controladas para que el biogás se pueda producir sin problemas.

Una vez ya se ha realizado la mezcla del digestato, éste pasa a través de unos conductos a dos grandes digestores. Allí los residuos se van removiendo para que la temperatura sea homogénea. Y mediante la digestión anaeróbica (realizada por bacterias muy primitivas que viven con tan solo un 1-2% de oxígeno) se produce el biogás.



Imagen 8-9: Digestores

Un ordenador central hace posible todo este proceso controlando la presión, que debe ser muy baja (un poco inferior a la atmosférica) para que no haya peligro de explosión; la temperatura, que debe ser constante (de 25 a 40 grados aproximadamente), la potencia del motor, la cantidad de digestato que entra y sale, y el biogás producido.



Imagen 10-11-12:Ordenador central

6.5 Aspectos que se deben tener en cuenta ante la formación del biogás

1. Que no haya sobrealimentación: Si hay demasiado porcentaje de materia orgánica, se producirá más biogás de la que un digester es capaz de almacenar, y consecuentemente, las condiciones de los digestores cambiarán rápidamente, perjudicando gravemente el proceso.
2. Que no haya variaciones elevadas y rápidas de pH, ya que causan de espumas en los digestores. Estas espumas aumentan la presión del interior. Entonces las válvulas de seguridad deben ser abiertas, disminuyendo así la presión pero perdiendo cantidad de digestato.

En el caso de que una de estas dos ocurra, el digestato perdido al abrir las válvulas va a una baza de emergencia, que está situada muy cerca de los digestores y tiene una capacidad de 6 millones de litros.



Imagen 13: Válvula de seguridad.

6.6 Finalización del proceso

Al final del proceso se obtiene un residuo, del cual la parte sólida es separada de la líquida.

La parte sólida, visualmente semejante a la arena, es utilizada en jardinería, porque es inodora y tiene propiedades fertilizantes (aporta numerosos nutrientes a las plantas). Además, una cantidad del sólido se junta con serrín, para poder fabricar las camas en las cuales las vacas podrán reposar.



Imagen 14: Parte sólida del residuo

La parte líquida, se almacena en 3 tres grandes balsas de 10, 9 y 5 millones de litros. Cuando llega la época de cultivo es distribuida en 600 hectáreas de campos de los alrededores. Estos campos no pertenecen todos a la planta: hay propietarios que ceden su terreno para que se pueda aplicar el residuo, y hay propietarios que dejan alquilarlo.

El residuo se separa en sólido y líquido para evitar estratificaciones en las balsas, porque si no se perderían cantidades del material.



Imagen 15: Balsa almacenadora del residuo

6.7 Utilización de la energía producida

Este largo proceso que empieza con el almacenamiento del estiércol de las vacas y que finaliza con la distribución de la parte líquida del residuo, dura unos cuarenta días.

La energía generada en forma de electricidad se utiliza para el autoconsumo y la parte restante se inyecta a la red nacional.

7. POSIBLE IMPACTO DEL BIOGÁS EN EL MEDIO AMBIENTE

7.1 Emisiones de CO2 Apergas (por estiércol bovino)

Apergas generó el año 2019, 1.448.768 m³ de biogás, y cada año mantiene constante su producción en torno a 1,5 millones de m³.

1 m³ de este biogás contiene el 65% de metano. (Datos facilitados por la propia compañía).

$$1.448.768 \text{ m}^3 \text{ biogás} \cdot \frac{65\% \text{ m}^3 \text{ metano}}{100\% \text{ m}^3 \text{ biogás}} = 941.699 \text{ m}^3 \text{ metano}$$

Por lo tanto, tenemos 941.699 m³ de metano.

La densidad del metano es de 0,657 kg/m³.

$$941.699 \text{ m}^3 \text{ metano} \cdot \frac{0,657 \text{ kg metano}}{1 \text{ m}^3 \text{ metano}} = 618,6 \cdot 10^3 \text{ kg metano}$$

Entonces tenemos 618,6 toneladas de metano. La reacción de combustión del metano es:



$$618,6 \cdot 10^3 \text{ kg metano} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} \cdot \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \cdot \frac{10^{-3} \text{ toneladas}}{1000 \text{ g}} = 1701,15 \text{ toneladas CO}_2$$

Apergas liberó 1701,15 toneladas de CO₂ equivalente a la atmósfera.

El metano tiene un efecto de calentamiento 25 veces superior al CO₂.

$$618,6 \cdot 10^3 \text{ kg metano} \cdot \frac{25 \text{ kg } CO_2}{1 \text{ kg } CH_4} \cdot \frac{1 \text{ tonelada}}{10^3 \text{ kg}} = 15.465 \text{ toneladas } CO_2 \text{ eq}$$

La granja Sat Sant Mer, hubiera liberado 15.465 toneladas de CO₂ equivalente debido al estiércol de las vacas. Pero al ser utilizado para hacer biogás, se produce la combustión del metano. Entonces en lugar de 15.465 toneladas de CO₂, se liberan 1.701,15 toneladas de CO₂.

$$15.465 \text{ toneladas } CO_2 - 1701,15 \text{ toneladas } CO_2 = 13.763,85 \text{ toneladas } CO_2$$

Por lo tanto, gracias a Apergas, 13.763,85 toneladas de CO₂ eq. se dejaron de liberar a la atmósfera en el año 2019, reduciendo así la emisión de GEI (Gases Efecto Invernadero) y luchando contra el cambio climático.

7.2 Emisiones de CO₂ Cataluña (por estiércol bovino)

Las vacas lecheras (hembras) contadas en Cataluña, el año 2018, son 82.591. (1)

Apergas produce su biogás a partir del estiércol de las 900 vacas lecheras de la granja Sat Sant Mer junto con otra materia orgánica. Gracias a ello, como hemos visto anteriormente, 13.763,85 toneladas de CO₂ eq se dejan de liberar al año.

$$\text{estiércol de 82591 vacas lecheras} \times \frac{13.763,85 \text{ toneladas de } CO_2 \text{ eq}}{\text{estiércol de 900 vacas lecheras}} \times \frac{1 \text{ kt}}{1000 \text{ toneladas}} = 1263,08 \text{ kt } CO_2 \text{ eq}$$

Por lo tanto, si el estiércol de todas las vacas de Cataluña fuera utilizado para la producción de biogás (tomando como modelo de producción y rendimiento el funcionamiento la planta Apergas) 1263,08 kt de CO₂ eq se dejarían de liberar al año.

En el 2018 Cataluña emitió un total de 43.956kt de CO₂ (2)

$$1263,08 \text{ kilotoneladas de } CO_2 \times \frac{100}{43.956 \text{ kt de } CO_2} = 2,87\%$$

Utilizar el estiércol de todas las vacas lecheras (hembras) de Cataluña para hacer biogás en 2018 hubiese supuesto la disminución del 2,87% de todas las emisiones de CO₂ equivalente en Cataluña.

7.3 Emisiones de CO₂ del sector de Agricultura en Cataluña (por estiércol bovino)

Se estima que el sector de Agricultura representa un 8-9% del total de las emisiones de CO₂ eq. en Cataluña.

(Según los datos recolectados en el Inventario de emisiones de GEI en Cataluña, 2012-2017)

Cálculo de las emisiones del sector de Agricultura en Cataluña si representa el 8-9% del total de las emisiones de CO₂ eq.

El 8% de las emisiones totales de Cataluña son 3516,48 kt CO₂ eq.

$$\frac{8 \times 43.956}{100} = 3516,48 \text{ kt } CO_2 \text{ eq.}$$

El 9% de las emisiones totales de Cataluña son 3956,04 kt CO₂ eq

$$\frac{9 \times 43.956}{100} = 3956,04 \text{ kt } CO_2 \text{ eq.}$$

Si se utilizase el estiércol de todas las vacas lecheras (hembras) de Cataluña para hacer biogás se reducirían 1263,08 kt de CO₂ eq. (dato calculado anteriormente).

Por lo tanto, el impacto de reducción de CO₂ eq en el ámbito de agricultura suponiendo el 8% de porcentaje, sería de un 35,92% , y suponiendo el 9%, sería del 31,93% .

$$\frac{1263,08 \text{ kt CO}_2\text{eq}}{3516,48 \text{ kt CO}_2\text{eq}} \times 100 = 35,92\%$$

$$\frac{1263,08 \text{ kt CO}_2\text{eq}}{3956,04 \text{ kt CO}_2\text{eq}} \times 100 = 31,93\%$$

En conclusión, el sector de Agricultura en Cataluña reduciría en torno al 32-36% sus emisiones de CO₂ eq . si se utilizase el estiércol de todas las vacas lecheras (hembras) de Cataluña para hacer biogás.

7.4 Posible energía eléctrica producida por el biogás

La granja de 500 vacas lecheras cuyo estiércol va destinado a Apergas genera 300.000 kwh* al mes (Datos facilitados por la propia compañía).

Las vacas lecheras (hembras) contadas en Cataluña, el año 2018, son 82.591. (1)

$$\text{Granja de 82.591 vacas lecheras} \times \frac{300.000 \text{ kwh al mes}}{\text{Granja de 900 vacas lecheras}} = 27.530.333 \text{ kwh al mes}$$

Si el estiércol de todas las vacas lecheras (hembras) de Cataluña fuera destinado a plantas de biogás (tomando como modelo el funcionamiento de Apergas) se generarían alrededor de 30 Gwh* al mes, es decir, unos 360 Gwh al año.

En términos de energía final, el consumo en Cataluña fue de 13.912,0 ktep* el año 2017, que equivalen a 161.796,560 Gwh.

$$13.912,0 \text{ ktep} \times \frac{1000 \text{ tep}}{1 \text{ ktep}} \times \frac{11.630 \text{ kwh}}{1 \text{ tep}} \times \frac{1 \text{ Gwh}}{10^6 \text{ kwh}} = 161.796,56 \text{ Gwh}$$

Por lo tanto, si el estiércol de todas las vacas lecheras (hembras) de Cataluña fuera destinado a una planta de biogás (tomando como modelo el funcionamiento de Apergas) se generarían alrededor unos 360 Gwh al año. Esto cubriría el 0.22% la demanda de energía en Cataluña.

$$\frac{360 \text{ Gwh}}{161.796,56 \text{ Gwh}} \times 100 = 0.22 \%$$

Este dato sirve para concienciar que Cataluña debería apostar por el biogás no por la generación de energía, sino por su gran impacto medioambiental y su contribución en la eliminación de residuos.

8. ACTUALIDAD

El pasado diecinueve de mayo el gobierno español lanzó una ley sobre el cambio climático como vía para salir de la crisis generada por el Coronavirus.

Este es el primer texto legal que recogerá en España la necesidad de emprender políticas públicas para adaptarse al cambio climático, y determinará que el país deberá alcanzar unos objetivos hasta el 2050. La norma propuesta busca blindar las políticas necesarias para que España cumpla con sus compromisos climáticos internacionales, pero a la vez, el gobierno presenta esta ley como una oportunidad y una de las vías para salir de la crisis económica ligada a la pandemia.

El objetivo de esta propuesta es reducir un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero en el 2030, y que un 70% de la electricidad sea producida por energías renovables. Y como objetivos a largo plazo proponen que en el 2050, el 100% de la electricidad sea generada por energías limpias. Todo ello acabando con el uso de los combustibles fósiles, los principales causantes de la contaminación, y apostando por energías renovables que son menos contaminantes. Se prevé una movilización en los próximos diez años de unos 200.000 millones de euros.

A la hora de recoger esta información, hemos tenido en cuenta los criterios de diferentes periódicos; “El Mundo”, aportaba una visión más económica sobre las consecuencias producidas por la pandemia, y daba importancia a la iniciativa de crear un primer texto legal que combatiera el cambio climático.

“El País” tenía una redacción más completa, ya que no solo explicaba las consecuencias económicas y medioambientales de la pandemia sino también remarcaba los objetivos de esta nueva ley.

Por otro lado, “La Vanguardia” acentuaba la importancia de acabar con los hidrocarburos, fomentando las energías renovables.

Y por último, “El Periódico” aportaba nuevas ideas como la sustitución de la gasolina por coches eléctricos, para acabar con la producción de los hidrocarburos.

9. CONCLUSIONES

El fin de este trabajo es contribuir al medio ambiente. Por ello, pretendíamos investigar la industria del biogás, para informarnos y poder encontrar posibles soluciones para frenar el cambio climático, un gran problema medioambiental.

Gracias a la oportunidad que nos brindó el colegio Institució La Vall al poder participar en el proyecto Erasmus +, pudimos disponer de los medios necesarios para orientar este trabajo de investigación, centrándonos en el biogás. Una fuente de energía renovable que permite generar electricidad a partir de la combustión de hidrocarburos.

Al iniciar este proyecto nuestras expectativas eran altas, no tan solo queríamos aprender e informarnos sobre el tema, también deseábamos que este trabajo sirva como herramienta para poder cambiar la situación actual medioambiental.

Este proyecto es un trabajo en el que participamos tres compañeras de clase. Desde los inicios, éramos conscientes que podrían surgir problemas de comunicación. Por lo que necesitaríamos dialogar y ser conscientes de esta dificultad.

El fundamento de nuestra investigación es una reacción química en las condiciones adecuadas. Por lo que toda la información obtenida debía ser verídica para que nuestra hipótesis y resultados fueran correctos. Debido a las muchas fuentes de información no verificadas en internet, nos preocupaba que esta no fuese veraz.

Pero los obstáculos reales encontrados han sido otros. El primero fue vernos obligadas a buscar otra planta de biogás, ya que la previamente escogida, no pudo continuar colaborando por motivos desconocidos.

El segundo, la pandemia mundial ha dificultado la realización de la parte práctica del trabajo. Nuestra intención era poder visitar el mayor número de plantas de biogás

posible para tener una visión más global de ese proceso. Pudimos visitar una en Girona, pero planeamos visitar una más situada en Lérida.

Finalmente, otro obstáculo inesperado fue la dificultad para trabajar fuera del colegio, ya que no hay un buen servicio de transporte comunicando nuestras respectivas ciudades.

A pesar de estas, este trabajo de investigación nos ha aportado gran cantidad de conocimientos y una gran sensibilidad medioambiental. Todo ello ha sido posible por cooperación entre todos los miembros del equipo, aprendiendo a intercambiar opiniones y ponernos de acuerdo en beneficio del trabajo.

Las conclusiones a nivel teórico-práctico obtenidas son:

1- Gracias a Apergas, en torno a 14.000 toneladas de CO₂ eq. se dejan de liberar a la atmósfera cada año, reduciendo así la emisión de GEI (Gases Efecto Invernadero).

2- Las emisiones de CO₂ eq. del sector de Agricultura en Cataluña se reducirían en torno al 32-36% si se utilizase el estiércol de todas las vacas lecheras de Cataluña para hacer biogás, teniendo en cuenta que la producción del biogás tuviera el mismo rendimiento que la planta de biogás Apergas. Esto supondría la reducción de aproximadamente el 2,87% de todas las emisiones de CO₂ eq. en Cataluña. A la vez, se generarían alrededor de 600 GWh de electricidad al año. Esto cubriría el 0.22% la demanda de energía en Cataluña.

3- Esta propuesta de biogás es un buen inicio hacia la reducción de la contaminación generada por el metano y CO₂, producidos por la reacción química que se lleva a cabo si las heces vacunas no tienen un propósito y actúan como combustible.

4- Con las plantas de biogás contiguas a las granjas vacunas, se cumplen 4 cometidos:

4.1- Se contribuye a favorecer el medio ambiente disminuyendo la emisión de gases contaminantes a la atmósfera (CH₄ y CO₂).

4.2- Se autoabastecen las granjas de energía eléctrica y calorífica, proporcionando agua caliente generada del proceso de refrigeración de la planta. Como consecuencia directa, se genera un ahorro en costes energéticos importante.

4.3- Se gestiona el purín de las explotaciones minimizando su impacto medioambiental.

4.4- Se puede vender el resto de energía que se produce a la red eléctrica, obteniendo un beneficio económico extra para la granja, que se puede destinar a la reinversión en sostenibilidad.

5- Por todo lo expuesto en las conclusiones anteriores, podemos afirmar que la hipótesis de este trabajo queda probada.

“La implantación de plantas de biogás en las granjas vacunas contribuye al medio ambiente y ayuda a autoabastecer energéticamente las mismas”.

10. BIBLIOGRAFÍA:

- Instituto para la diversificación y ahorro de energía (2011). *Situación y potencial de generación de biogás*.
<https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e16_biogas_db43a675.pdf> [Consulta: 16 Diciembre 2019]
- Generalidad de cataluña, instituto catalán de energía (2008). *Producción de biogás por codigestión anaerobia*.
<http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxiu/01_produccio_biogas.pdf>
[Consulta: 20 Diciembre 2019]
- Renovetec (2013). *¿Qué es la biomasa? Extraído de*
<<http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>> [Consulta: 28 Diciembre 2019]
- Asociación de Empresas de Energías Renovables . *¿Qué es la biomasa? Extraído de*
<<https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>>
[Consulta: 28 Diciembre 2019]
- Florencia Ucha, Definición ABC . (2012). *Definición de Materia Orgánica. Extraído de*
<<https://www.definicionabc.com/ciencia/materia-organica.php>>
[Consulta: 28 Diciembre 2019]
- Portal Educativo. *Energía renovable y no renovable. Extraído de*
<<https://www.portaleducativo.net/sexta-basico/756/Energia-renovable-y-no-renovable>> [Consulta: 29 Diciembre 2019]

- Energía VM. Grupo Vilar Mir. (2018). *Energía Verde. En qué consiste la energía de biomasa.* Extraído de <https://www.energyavm.es/energia-de-biomasa/> [Consulta: 29 Diciembre 2019]

- Combustibles Aragón. (2016). *Combustibles limpios. Tipos de Biomasa.* Extraído de <https://combustiblesaragon.es/tipos-de-biomasa/> > [Consulta: 29 diciembre 2019]

- Renovetec (2013). *Tipos de Biomasa.* Extraído de <http://www.plantasdebiomasa.net/tipos-de-biomasa.html> > [Consulta: 29 diciembre 2019]

- Grupo VISIONA BD. Energías renovables. *Transformación de biomasa en energía.* Extraído de <http://www.grupovisiona.com/es/biomasa/transformacion-biomasa-en-energia> > [Consulta: 29 diciembre 2019]

- Fjaravo. *Procesos termoquímicos.* Extraído de https://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio04/Bio04_30.htm > [Consulta: 29 diciembre 2019]

- Wikipedia (2020). *Gas de síntesis*. Extraído de https://es.wikipedia.org/wiki/Gas_de_s%C3%ADntesis [Consulta: 29 diciembre 2019]

- Foro Nuclear, foro de la industria nuclear española. *Ventajas y desventajas de la biomasa*. Extraído de <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/ventajas-y-desventajas-de-la-biomasa> [Consulta: 30 diciembre 2019]

- Twenergy (2019). *Ventajas de la biomasa*. Extraído de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/curiosidades/ventajas-de-la-biomasa-767/> [Consulta: 30 diciembre 2019]

- Ecología verde, Lara Moriana. (2018) *Qué son los biocombustibles, ventajas y desventajas*. Extraído de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-biocombustibles-ventajas-y-desventajas-1364.html> [Consulta: 30 diciembre 2019]

- Lean Manufacturing. *Biocombustibles: Qué son, tipos, ventajas y beneficios*. Extraído de <https://leanmanufacturing10.com/biocombustibles-que-son-tipos-ventajas-y-beneficios> [Consulta: 2 enero 2020]

- Foro Nuclear, foro de la industria nuclear española. *Qué es el biocombustible.* Extraído de <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-el-biocombustible> [Consulta: 2 enero 2020]
- Cooperemos.Ecopetrol. *Biocombustibles.* Extraído de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/medio-ambiente/gestion-ambiental-proactiva/ecoeficiencia/biocombustibles/biocombustibles-informacion> [Consulta: 2 enero 2020]
- Energiatoday, Teresa Vaz Ferra (2020). *Energía de Biocarburantes: ¿Qué son y Cómo se utilizan?* Extraído de https://energiatoday.com/biocarburante/#Que_es_la_energia_Biocarburante [Consulta: 2 enero 2020]
- Argenbio. Consejo argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología. *Biocombustibles.* Extraído de <http://www.argenbio.org/adf/uploads/pdf/biocombustibles.pdf> [Consulta: 2 enero 2020]
- Cumbre pueblos (2019). *Usos y aplicaciones de los biocombustibles.* Extraído de <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/combustibles/bio/#Usos-y-aplicaciones-de-los-biocombustibles> [Consulta: 3 enero 2020]
- Wikipedia, Sosteniblepedia (2011). *Biocombustibles.* Extraído de https://sosteniblepedia.org/index.php?title=Biocombustibles#Obtenci.C3.B3n_De_Biocombustibles [Consulta: 3 enero 2020]

- Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Global Environment Facility (2011). *Manual de Biogás*. Extraído de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf> [Consulta: 3 enero 2020]

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (2010). *Guía sobre el biogás*. Gülzow. Extraído de <https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples//e/leitfadenbiogas-es-2013.pdf> [Consulta: 4 enero 2020]

- Sustaingas, Gerlach Florian, Grieb Beatrice, Zerger Uli (2013). *Producción sostenible de Biogás*. Frankfurt. Extraído de http://pae.gencat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/05_publicacions_material_referencia/arxiu/ManualProduccionSostenibleBiogas.pdf [Consulta: 4 enero 2020]

- Santolaria, Carlos. (2014). *Diseño de un modelo semiempírico de congestión anaerobia*. Zaragoza. Extraído de https://zaguan.unizar.es/record/13372/files/TAZ-PFC-2014-027_ANE.pdf [Consulta: 4 enero 2020]

- Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de economía, innovación y ciencia (2011). *Estudio básico del biogás*. Andalucía. Extraído de https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/estudio_basico_del_biogas_0.pdf [Consulta: 4 enero 2020]

- Maciejczyk, Manuel. (2017). *Situación del Biogás en Alemania*. Münster. *Extraído de* http://4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2017/11/1-BiogasContextinGermany_Maciejczyk_ES.pdf [Consulta: 5 enero 2020]

- Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía. *Biogás*. *Extraído de* <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas> [Consulta: 5 enero 2020]

- Twenergy. *Energías Renovables*. *Extraído de* <https://twenergy.com/energia/energias-renovables/> [Consulta: 5 enero 2020]

- Pichel, José. (2019). “Por qué hay 18.000 plantas de biogás en Europa y apenas 50 en España”. *El Confidencial*. Barcelona. *Extraído de* https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-04-20/plantas-biogas-alemania-espana-europa_1949382/ [Consulta: 6 enero 2020]

- Planeta Tierra (2020). *Las ventajas y desventajas del Biogás*. *Extraído de* https://planeta-tierra.info/energia-verde/las-ventajas-y-desventajas-del-biogas/#Que_es_el_Biogas [Consulta: 7 enero 2020]

- Lean Manufacturing. *Biogás: Qué es, características, cómo se produce, ventajas y desventajas*. *Extraído de* <https://leanmanufacturing10.com/biogas-que-es-caracteristicas-como-se-produce-ventajas-y-desventajas> [Consulta: 7 enero 2020]

- Ingeniería de procesos. Cuenca, Javier (2017). *El biogás y los gases del efecto invernadero*. Extraído de <https://agfprocesos.com/biogas-los-gases-efecto-invernadero-gei/> [Consulta: 7 enero 2020]

- Biovec ingeniería ambiental (2019). *Biogás y cambio climático “win⁵”*. Extraído de <https://biovec.net/biogas-y-cambio-climatico-win5/> [Consulta: 7 enero 2020]

11. GLOSARIO

Anaeróbica: Ausencia de oxígeno.

Temperatura de ignición: Temperatura mínima, a la que un combustible (sólido, líquido o gas) en contacto con el aire, arde espontáneamente sin necesidad de una fuente de calor exterior.(a presión de 1 atmósfera).

Temperatura crítica: (T_c) Por encima de la cual un gas no puede volverse líquido (licuar), independientemente de la magnitud de la presión que se aplique. Esta es también la temperatura más alta a la cual una sustancia puede existir en forma líquida.

Presión crítica: (P_c) Es la presión necesaria que se debe aplicar para condensar un vapor a su temperatura crítica.

Contenido de energía: (kWh/m^3) El kilovatio (kW) hace referencia a la potencia, el kilovatio hora (kWh) al consumo de energía.

Acidogénicos: Especies bacterianas que son capaces de realizar la arigocenésis, proceso por el cual bacterias anaerobias producen acetato a partir de diversas fuentes de energía y de carbono.

Bacterias metanogénicas: Un grupo especializado de bacterias anaerobias que descomponen la materia orgánica y forman metano.

Motor de combustión interna: Tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión.

Turbina de gas: Motor térmico donde a partir de la energía aportada por un combustible se produce energía mecánica y se genera una importante cantidad de calor.

Automotriz: Aparato que ejecuta ciertos movimientos sin intervención exterior. Un ejemplo de aparato automotriz es el coche.

Transesterificación: Es el proceso de intercambio del grupo orgánico R' de un éster con el grupo orgánico R 'de un alcohol.

Procesos termoquímicos: Proceso en el que además de intervenir la temperatura, interviene algún elemento químico.

kWh: El vatio-hora es una unidad de medida que se expresa en potencia por tiempo, es decir, es una unidad que mide la energía.

Gwh: Es una medida de energía eléctrica equivalente a la que desarrolla una potencia suministrada de un gigavatio durante una hora. Su equivalencia es de 1.000.000.000 vatios-hora (Wh).

tep: tonelada equivalente de petróleo, unidad de energía que equivale a 11.630 kwh.

