

TREBALL DE RECERCA

Valorització de la Matèria Orgànica de Taradell

2N BATXILLERAT

Win11
2022-2023

Abstract

Empezado por los diferentes métodos de obtención de energía renovable, este proyecto trata de comprobar que es posible obtener energía renovable a través de los residuos orgánicos y aprovecharlo en tu día a día.

Después de la obtención de información necesaria, diferentes visitas, entrevistas y una explicación detallada de cada método, se ha creado un biorreactor doméstico con la capacidad de producir biogás para comprobar prácticamente que estos métodos funcionan.

A partir de esos resultados se ha podido crear un informe sobre los efectos positivos y negativos del biogás y comprobar si es viable económicamente y ambientalmente crear una planta de biogás en Taradell.

Abstract

Starting from the forms of obtaining energy in a renewable way, this project tries to prove you that you can obtain energy from organic matter and take advantage of it in you every day life.

After doing a research of all the possible methods to obtain energy from organic matter, it's been created a homemade biodigester to practically prove that the objectives of this project are possible.

Finally, thanks to the research of information and the creation of the biodigester, it has been possible to make a study about the economical and environmental viability for the creation of a large-scale biodigester in Taradell.

Índex

1.- HIPÒTESIS GENERALS	6
2.- OBJECTIUS	6
3.- INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	6
3.1.- DEFINICIÓ I EXPLICACIÓ BÀSICA DE LA MATÈRIA ORGÀNICA	6
3.2.- COM S'OBTE L'ENERGIA DE LA MATÈRIA ORGÀNICA (MATÈRIA ORGÀNICA)	8
3.3.- QUANTITAT DE MATÈRIA ORGÀNICA GENERADA A NIVELL LOCAL (TARADELL I MANCOMUNITAT LA PLANA)	9
3.4.- QUANTITAT DE MATÈRIA ORGÀNICA GENERADA A LA COMARCA DEL BAIX CAMP, ON ES FA APROFITAMENT ENERGÈTIC.	13
4-ANÀLISI DE LES TECNOLOGIES ACTUALS	15
4.1.- DIGESTIÓ METANOGÈNICA (BIOGÀS).....	15
4.1.1.- Què és el biogàs?	15
4.1.2.- La digestió anaeròbica.....	16
4.1.3.- La respiració anaeròbica (procés químic)	17
4.1.4.- La fermentació	19
4.1.5.- Aplicacions del biogàs	20
4.1.6.- Exemple de la visita a la planta de biogàs de Secomsa (Serveis Comarcals Ambientals, SA.), a Botarell (Baix Camps).	24
4.2.- COMPOSTATGE.....	29
4.2.1-Introducció al compostatge	29
4.2.2-Compostatge domèstic	29
4.2.3-Beneficis	30
4.3.- COMBUSTIÓ.....	31
.....	31
4.3.1-Procés:.....	31
4.3.2-Tipus de combustió:	31
4.4.- PIRÒLISI.....	32
4.4.1-Tipus de piròlisi	32
4.4.2-Residus de la piròlisi	32
4.4.3-Usos de la piròlisi	33
5- ÉS VIABLE UNA PLANTA DE BIOGÀS A TARADELL?	33
6- RESUM DE L'ENTREVISTA AL DR. XAVIER FLOTATS	35

6.1.- ENTREVISTA AL DR. FLOTATS EL DIA 1 DE JULIOL DE 2022, MITJANÇANT TELECONFERÈNCIA (ZOOM).	35
6.2.- CONCLUSIONS DE L'ENTREVISTA:	39
7.- PART PRÀCTICA:	41
7.1.- INTRODUCCIÓ:	41
7.2.- PRIMERA IDEA	41
7.2.1.- Materials necessaris:	42
7.2.2.- Procés de muntatge:	42
7.2.3.- Problema del primer disseny:	44
7.3.- SEGON DISSENY	44
7.3.1.- Canvis incorporats al nou disseny.	44
7.3.2.- Procés de muntatge 2.....	45
7.2.3.- Resultats del segon disseny	45
7.2.4.- Sobrecàrrega orgànica:	46
7.2.5.- Resultats després de corregir la càrrega orgànica	47
7.3.- RESULTATS GENERALS PART PRÀCTICA:	49
8.- CONCLUSIONS FINALS	50
9.- REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	52
Annex 1. Dades de generació de matèria orgànica dels municipis d'Osona (dades de l'Agència de Residus, 2020).....	53
Annex 2. Total de residus recollits per la Mancomunitat la Plana, la qual agrupa Aiguafreda, Balenyà, El Brull, Folgueroles, Malla, Muntanyola, Centelles, Riuprimer, Seva, Taradell, Tona i Viladrau.	54

1.- HIPÒTESIS GENERALS

S'han formulat dues hipòtesis a mode de preguntes, per així poder-les contestar amb les parts teòrica i pràctica del treball.

- Gràcies a la recollida selectiva porta a porta que té el poble, es podrà recollir suficient quantitat de matèria orgànica com per que surti rentable econòmicament i ambientalment crear una planta de generació d'energia, per a les llars i les indústries de Taradell?
- És vàlida la matèria orgànica obtinguda de la recollida domèstica porta a porta, per a la producció de biogàs?

2.- OBJECTIUS

- Aprendre sobre la matèria orgànica i els mètodes d'obtenció d'energia a partir d'aquesta.
- Veure exemples d'altres pobles que estan utilitzant aquests mètodes.
- Analitzar si és possible crear una planta de biogàs, piròlisi o compostatge a Taradell, des dels punts de vista tècnic i econòmic.
- Crear un bioreactor domèstic i mesurar els principals paràmetres del seu funcionament.
- Entrevistar un expert en la tecnologia del biogàs, per a complementar la informació i conèixer l'estat actual d'aquesta tecnologia a Europa.

3.- INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

3.1.- DEFINICIÓ I EXPLICACIÓ BÀSICA DE LA MATÈRIA ORGÀNICA

La matèria orgànica és tota aquella matèria que és resultant de la vida i que en la seva composició química, hi hagin principalment àtoms de carboni. Quan parlem de matèria orgànica, sabem que és la que forma la vida: els cossos dels éssers vius i la majoria de substàncies i materials del rebuig.

Podem trobar matèria orgànica a la part superficial de l'escorça terrestre com a restes d'animals o plantes i residus que provenen dels éssers vius. Si el sòl té un

alt contingut de matèria orgànica, la terra serà més fèrtil perquè podrà retenir més aigua i intercanviar més sals minerals.

La matèria orgànica està constituïda per tres grans grups de molècules:

Glúcids: Són hidrats de carboni i tenen funció de d'obtenció i reserva d'energia.

Lípids: Són substàncies hidrofòbiques compostes per àcids grassos amb funció de reserva energètica i conformació de membranes cel·lulars.

Proteïnes: Cadenes d'aminoàcids que formen macromolècules amb funcions molt específiques.

Hi ha tres grans tipus de matèria orgànica, segons la capacitat de ser tractada química, biològicament o aprofitada per a generar energia:

- **Fresca:** Restes recents d'organismes, té un alt contingut d'aigua, d'hidrats de carboni i un gran valor energètic.
- **Parcialment descomposta:** Té un important contingut orgànic i de nutrients pel sòl, és el més útil per tirar al camp per augmentar la seva fertilitat.
- **Totalment descomposta:** Té un període de temps més gran de descomposició, no conté gaires nutrients però sí suport per l'absorció d'aigua al sòl.

Diferències entre matèria orgànica i matèria inorgànica:

-La matèria orgànica es forma per interaccions dels éssers vius, en canvi la matèria inorgànica, es forma per reaccions naturals en les que no intervé la vida.

-La matèria orgànica és biodegradable, per tant, es pot descomposar gràcies a l'acció de microorganismes o pel simple pas del temps (reaccions químiques).

-La matèria inorgànica, només es pot degradar passant per processos atracció electromagnètica (amb intervenció de ions).

-La matèria inorgànica normalment és incombustible i no és volàtil, mentre que els principals combustibles actuals com el petroli, tenen origen orgànic.

3.2.- COM S'OBTÉ L'ENERGIA DE LA MATÈRIA ORGÀNICA (MATÈRIA ORGÀNICA)

Les persones a les llars generem 3 grans tipus de residus dels quals podem extreure matèria orgànica: residus voluminosos (llit, sofà...), dels que després d'un procés de trituració i separació s'obté fusta seca (biomassa). El segon tipus són les fibres vegetals, que són normalment restes de poda i branques que provenen dels jardins i dels que també es pot obtenir biomassa (fusta molla). I per últim, les 5 fraccions de residus domèstics: vidre, envasos lleugers, paper i cartró, rebuig, i F.O.R.M (Fracció Orgànica de Residus Municipals). Aquests residus orgànics, es recullen normalment a través del servei públic de recollida de deixalles juntament amb les fraccions de vidre, envasos, paper i cartró i rebuig.

La fracció orgànica, bàsicament està formada per restes de menjar; cal tenir en compte que aquesta conté entre un 65% i un 75% d'aigua. Una de les destinacions més comunes, és la obtenció de compost (fertilitzant orgànic), a través del compostatge.

Degut a les circumstàncies de crisi energètica, també es poden aprofitar aquests residus orgànics per obtenir energia de forma renovable. Per fer-ho, hi ha 3 processos: la combustió, que consisteix en l'oxidació de la biomassa gràcies a l'oxigen, aquesta reacció allibera aigua i gasos carbònics, l'energia que després s'utilitza principalment per calefaccions domèstiques i per produir calor industrial. La piròlisi, que consisteix en una combustió incompleta sense oxigen a una temperatura d'uns 500 °C, s'utilitza principalment per l'obtenció de carbó vegetal i per fer funcionar motors dièsel. Aquests dos processos tenen millor rendiment si també s'hi afegixen altres tipus de residus com plàstic, paper, o cartró. I per últim la digestió metanogènica que és en la qual es genera biogàs (bàsicament constituït per CH₄) a partir de la descomposició per bacteris en un entorn sense oxigen de forma controlada i amb condicions de pH i temperatura òptimes. Aquesta última arriba al seu màxim rendiment si només s'utilitza matèria orgànica.

3.3.- QUANTITAT DE MATÈRIA ORGÀNICA GENERADA A NIVELL LOCAL (TARADELL I MANCOMUNITAT LA PLANA)

Les dades de la generació de residus a Catalunya, es publiquen cada any al web de l'Agència de Residus de Catalunya (<http://residus.gencat.cat>). S'han analitzat les dades publicades en els últims anys, per valorar els residus generats a Taradell (escala de municipi), Mancomunitat La Plana (escala supramunicipal) i Catalunya (escala de país).

Autocompostatge	matèria orgànica	poda i jardineria	paper i cartró	vidre	envasos lleugers	residus voluminosos	RAEE	ferralla
17,4	1.037,48	34,98	370,54	255,79	329,25	359,34	50,33	40,02

Figura 1: Total deixalles recollides de forma selectiva a Taradell (dades en Tn/any). No està comptabilitzada la fracció resta. Font: pròpia.

Amb les dades que es poden veure a la Figura 1, Taradell recull una quantitat elevada de matèria orgànica (més d'un milió de quilograms), que corresponen a 155 Kg de residus orgànics generats per cada habitant i any (per 6.687 habitants el 2021). Aquesta quantitat, que és molt més alta que la mitjana catalana (53,49 Kg fracció orgànica per habitant i any), ens indica ja que hi ha una gran oportunitat de ser aprofitada per generar energia.

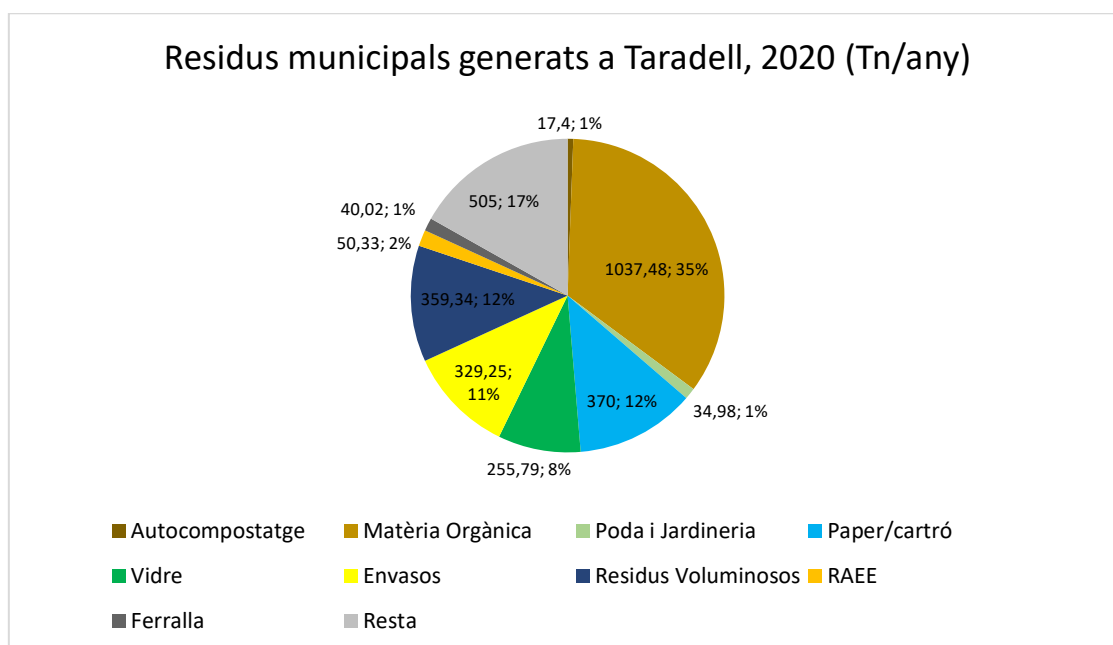


Figura 2: Gràfic del total de deixalles generades a Taradell l'any 2020, amb la fracció resta incorporada. Font: pròpia.

Valorant el gràfic de la figura 2, es pot veure que els resultats de la recollida selectiva són excel·lents: un 17% de fracció resta correspon a un 83% de recollida selectiva total (un dels 10 pobles que millor recicla de Catalunya) i un 37 % (matèria orgànica, poda i autocompostatge), total de residus orgànics valoritzables energèticament.

Població	Matèria Orgànica	Total matèria orgànica recollida	% Residus Orgànics sobre el total	Kg/hab. any	Total Recollida Selectiva
6.687	1.037,48	1.089,86	36,33 %	155	2494

Figura 3 : Matèria orgànica generada a Taradell i resultats generals de recollida selectiva del municipi. Font: pròpia.

Actualment, tota la matèria orgànica que s'aconsegueix gràcies al sistema de recollida porta a porta de Taradell, es transporta a la Mancomunitat la Plana on s'acaba de triar i es distribueix cap a les diferents empreses de valorització, que aprofiten els residus triats de forma selectiva per fabricar nous productes.

MUNICIPI	Tn MATÈRIA ORGÀNICA /ANY
Aiguafreda	359,49
Balenyà	341,64
El Brull	428,54
Folgueroles	318,80
Malla	21,51
Muntanyola	64,99
Sant Martí de Centelles	142,45
Santa Eulàlia de Riuprimer	137,36
Seva	649,17
Taradell	1037,48
Tona	1124,34
Viladrau	201,38

Figura 4: Quantitat de matèria orgànica generada per cada municipi que engloba la Mancomunitat la Plana; en total hi arriben 4827,15 Tn/any.

Font: pròpia.

La Mancomunitat la Plana engloba 12 municipis els quals cada un d'ells té el sistema porta a porta i això fa que es pugui classificar molt bé la matèria orgànica. Gràcies a això, la qualitat de matèria orgànica que arriba a la mancomunitat la plana és la més alta de tota Catalunya. En el cas que es decidís per la tecnologia del biogàs, aquesta matèria orgànica seria, en quantitat i qualitat, molt òptima per al funcionament del digestor. Totes les anàlisis fetes per la Mancomunitat en els últims deu anys han donat com a resultat menys d'un 1% d'impropis (és a dir, impureses que no són orgàniques).

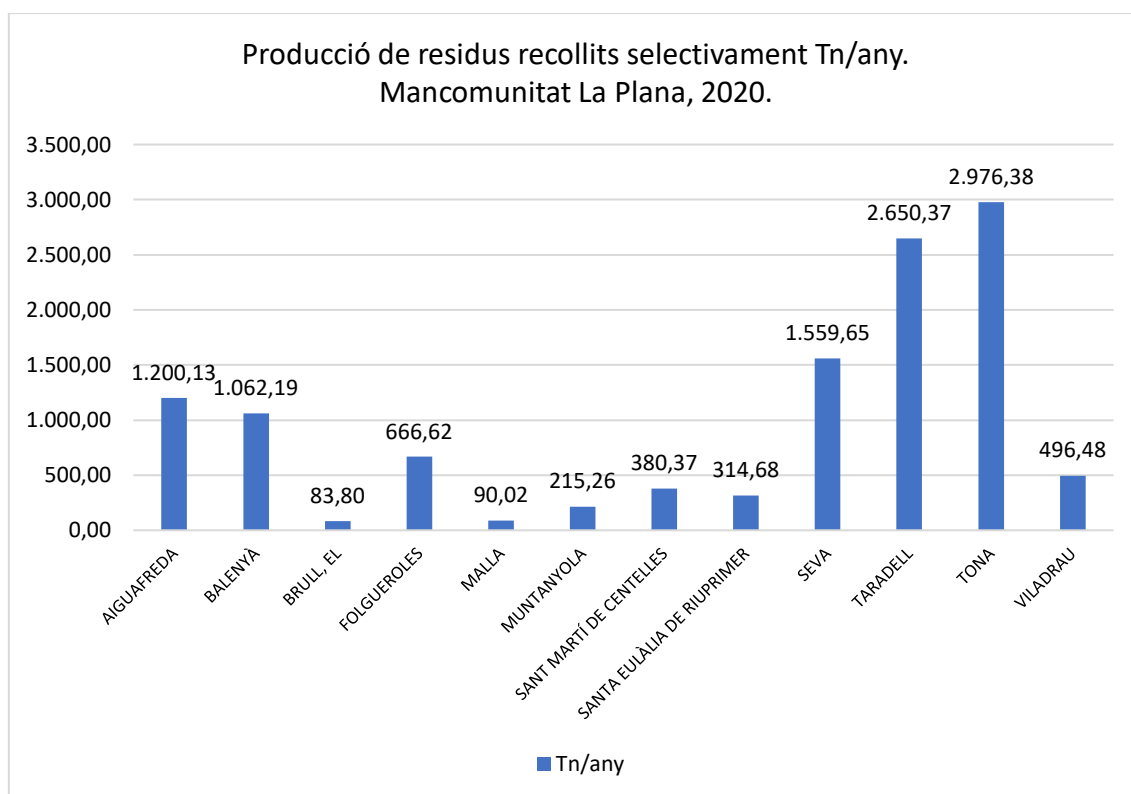


Figura 5. Residus reciclables generats als pobles que inclou la Mancomunitat La Plana.
Font: pròpia.

Les dades de matèria orgànica generada a la comarca d'Osona, i del detall de residus generats a la Mancomunitat La Plana, es troben en els Annexos 1 i 2. Aquestes dades ens permeten interpretar la situació de Taradell dins l'àmbit de la comarca. Ens permet, per exemple, saber que el percentatge de matèria orgànica generada pel poble de Taradell respecte a la comarca, és molt superior al percentatge de població que té. Osona té 163.702 Habitants i genera 14.916Tn de matèria orgànica l'any. Taradell, tenint el 4% de la població osonenca, recull selectivament el 7% de residus orgànics (gairebé el doble).

3.4.- QUANTITAT DE MATÈRIA ORGÀNICA GENERADA A LA COMARCA DEL BAIX CAMP, ON ES FA APROFITAMENT ENERGÈTIC.

Per disposar de dades de generació de matèria orgànica, i en especial en una comarca on ja es faci aprofitament energètic, es va realitzar la visita a la planta de Secoma a Botarell (municipi de la comarca del Baix Camp). Secomsa és una planta pública de tractament de residus municipals, on fan aprofitament energètic mitjançant la generació de biogàs (veure descripció detallada en capítols posteriors).

Autocompostatge	Matèria Orgànica	Poda i Jardineria	Paper / Cartró	Vidre	Envasos Lleugers	Residus Voluminosos + Fusta
37,9	9.308,82	7.073,56	6.021,72	4.436,54	4.891,40	7.511,35

RAEE	Ferralla	Olis Vegetals	Tèxtil	Runes	Residus en petites Quantitats (RPQ)	Altres Recollides Selectives	Total
851,14	358,07	24,05	539,45	4.713,99	83,48	239,86	46.091,33

Figura 6: Total de tones recollides de totes les fraccions de les deixalles a la comarca del Baix Camp la majoria de les quals arriben a la planta de Secomsa (Tn/any). Font: pròpia.

La matèria orgànica recollida en aquests municipis acaba a Secomsa i és transformada en biogàs. La planta de biodigestors de Secomsa (comarca de Baix Camp) engloba quasi tots els municipis de la comarca, els quals també tenen el sistema de recollida porta a porta. És una de les úniques plantes capaç de convertir la matèria orgànica (a través de bacteries termòfiles) en biogàs del qual se'n extreu energia elèctrica.

Per a acabar d'interpretar les dades generació de residus, s'han analitzat aquestes dades dins l'entorn de Catalunya, per veure la importància que tenen a nivell quantitatiu.

Autocompostatge	Matèria Orgànica	Poda i Jardineria	Paper / Cartró	Vidre	Envasos Lleugers	Residus Voluminosos + Fusta
7.071,10	414.140,69	123.152,43	253.895,06	175.984,48	173.888,67	267.372,83

RAEE	Ferralla	Olis Vegetals	Tèxtil	Runes	Residus en petites Quantitats (RPQ)	Altres Recollides Selectives	Total
42.565,34	13.218,52	1.683,55	19.399,22	124.592,65	2.565,35	28.436,14	1.647.966,05

Figura 8 : Total de deixalles recollides a Catalunya. Font: pròpia.

Analitzant en global les dades de població i generació de residus, veiem que Catalunya té 7.722.203 habitants, i Taradell 6678, per tant, representa un 0,08% de la seva població. Pel què fa a la generació de residus orgànics recollits selectivament, Catalunya recull selectivament 538.064,22 Tn de residus orgànics i Taradell en recull 1.089,86 Tn cada any. Això representa un 0,2% del total català. I com a principal conclusió podem afirmar que a Taradell es recullen 2,5 vegades més de matèria orgànica que la mitjana catalana.

4-ANÀLISI DE LES TECNOLOGIES ACTUALS

4.1.- DIGESTIÓ METANOGÈNICA (BIOGÀS)

4.1.1.- Què és el biogàs?

El biogàs és un combustible gas que es genera a partir de les reaccions de biodegradació de la matèria orgànica mitjançant microorganismes i altres factors; tot això en un ambient anaeròbic (sense oxigen).

Aquest es pot obtenir a partir dels residus d'instal·lacions agroramaderes, fangs de depuradores, restes d'indústries càrniques i qualsevol residu orgànic domèstic.

El procés en el qual actuen els bacteris s'anomena fermentació anaeròbica, aquest procés passa de forma natural a la terra.

Aquest procés el porten a terme bacteris,

tals com el *Clostridium butyricum* o el *Bacillus amilobacter*, capaços de descompondre substàncies d'origen vegetal, bacteris que porten a terme la fermentació butírica, la qual consisteix en la descomposició de substàncies glucídiques d'origen vegetal com el midó i la cel·lulosa en diferents àcids, CO_2 i altres substàncies que desprenen males olors.

També alguns bacteris fan la respiració anaeròbia on la matèria orgànica és descomposta en productes gasosos o "biogàs" (principalment metà CH_4).

La seva composició és: el 50-70% del biogàs consisteix en metà (CH_4), un 30-40% d'aquest consisteix en diòxid de carboni (CO_2) i la resta consisteix en Hidrogen (H_2), àcid sulfhídric (H_2S), etc. Aquesta composició pot variar molt ja que depèn del què consumeixin els bacteris dins el digestor, i si entren substàncies inorgàniques dins el digestor es veurà afectat en forma d'impureses

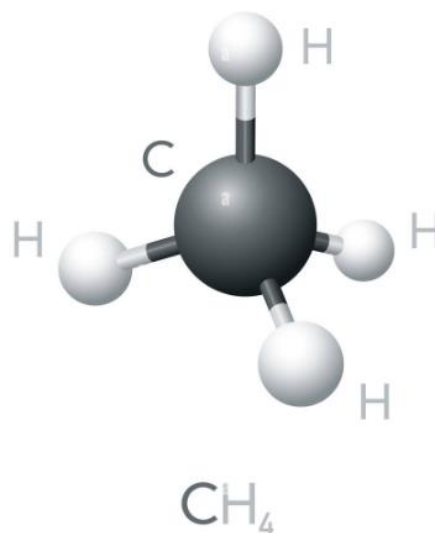


Figura 9: molècula de metà (CH_4)

Font:

<https://www.alamy.es/imagenes/metano-ch4.html?sortBy=relevant>

en la composició del producte final. Gràcies a la gran quantitat de metà que conté, el biogàs té una mica més de la meitat del poder calorífic del gas natural. El biogàs és una bona tecnologia per tractar els residus biodegradables, ja que produeix un combustible de gran valor i a la vegada els aprofita i els dona una utilitat, quan fins fa poc eren considerats rebuig. D'aquesta manera, al ser tractats podem aconseguir una quantitat important de gas, produït de forma neta i a baix cost, i aleshores aprofitar aquest gas per donar-li diferents funcions. Una d'elles seria fer-ne un consum propi per escalfar edificis o la pròpia granja o indústria de la qual s'obtenen els residus per fer funcionar el digester, o vendre'l al mercat en forma de gas natural o en forma d'electricitat si pretenem fer funcionar un motor generador d'electricitat.

4.1.2.- La digestió anaeròbica

La digestió anaeròbica és un procés que ja podem apreciar a la natura de forma espontània: un exemple poden ser les zones pantanoses o aigües estancades. Al 1776, el científic Alessandro Volta, al qual se li atribueix el descobriment del metà, va aconseguir relacionar la quantitat de residus orgànics existents en el pantà que s'estava investigant amb la quantitat de metà obtingut d'aquest, aleshores va arribar a la conclusió que el metà era obtingut a partir de microorganismes que s'alimenten de residus orgànics.

Al 1959 es va posar en marxa el primer biodigester casolà, a Bombai, i a partir d'aquest molts països van posar en marxa els seus biodigestors, però tots pensats per ser utilitzats a nivell familiar per aconseguir gas suficient per fer anar un fogonet, i sense cap control d'estabilitat de gasos, de pH, etc.

Actualment s'està investigant com fer progressar aquest tipus d'energia intentant aconseguir més producció, més rendiment. Com ja he comentat anteriorment, la digestió anaeròbia és la que succeeix dins un digester, el qual hem hagut d'aïllar hermèticament ja que la digestió d'aquest tipus succeeix, com el seu nom indica, anaeròbiament, sense oxigen. En aquest procés, la matèria orgànica, gràcies a un conjunt de microorganismes es degrada formant CO_2 , CH_4 i matèria orgànica de baix pes molecular, aminoàcids, glucoses, àcid acètic, àcid butíric...

Els microorganismes encarregats de la degradació de la matèria són bacteris que realitzen la respiració anaeròbia. La digestió anaeròbia és un procés biològic que porten a terme bacteris en absència d'oxigen. En aquest procés, part de la matèria orgànica, gràcies a la acció dels microorganismes, es transforma en una barreja de gasos (biogàs). El compost resultant pot ser assecat i estabilitzat aeròbiament per obtenir compostatge. Els bacteris fan aquest procés per obtenir energia, és el seu mètode de respiració.

Dins de la formació de biogàs, hi han dos grans processos: la respiració anaeròbica i la fermentació.

4.1.3.- La respiració anaeròbica (procés químic)

La respiració anaeròbica consisteix en què a partir de la degradació de proteïnes, glúcids i lípids obtenim energia i un altre producte, com podria ser el metà.

Per tal d'explicar aquest procés, utilitzem com a exemple la glucosa, un tipus de glúcid simple que és la principal font d'energia de moltes cèl·lules. La primera etapa de la respiració cel·lular és la glucòlisi, la qual consisteix en degradar la glucosa fins a àcid pirúvic (compost químic orgànic amb propietats d'un àcid) a partir d'una sèrie de reaccions complexes. A partir d'una molècula de glucosa se n'obtenen dues de piruvat. Aquesta via catabòlica (sèrie de reaccions favorables que formen energia en forma de ATP) té lloc al citoplasma de totes les cèl·lules eucariotes i serveix per aconseguir coenzims reduïts, principalment l'NADH (molècula que fa la funció de transportador d'energia).

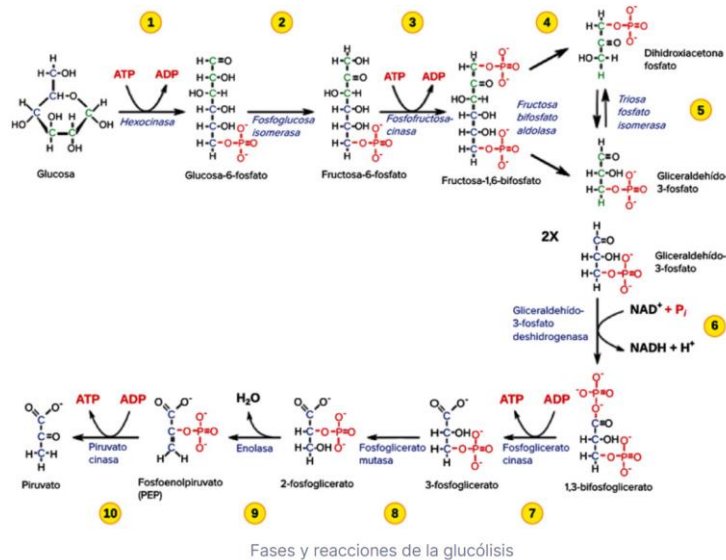


Figura 10: Esquema del procés de glucòlisi

Font: <https://es.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation/glycolysis/a/glycolysis>

Després entrem en la segona etapa, quan es produeix el pas de piruvat a acetil CoA. A continuació s'inicia una ruta metabòlica, és a dir, una successió de reaccions químiques que formen part de la respiració cel·lular en totes les cèl·lules anaeròbies.

Aquesta ruta s'anomena el cicle de Krebs. El cicle de Krebs s'inicia amb la transferència de dos àtoms de carboni, procedents de l'acetil CoA, a una molècula de quatre àtoms de carboni, anomenada oxalacetat, que és l'encarregada que comenci aquest cicle. Seguidament tenen lloc un conjunt de reaccions químiques que necessiten NADH per realitzar-se, provinent de la glucòlisi. La Nicotinamida adenina dinucleòtid, abreujada com NAD, present en totes les cèl·lules vives.

En el metabolisme, l' NAD^+ està implicat en les reaccions redox, en les quals transporta electrons d'una molècula a una altra. Així doncs, a les cèl·lules és present en dues formes diferents: NAD^+ i NADH . L' NAD^+ és un agent oxidant, això significa que accepta electrons d'altres molècules, quedant així reduït. Aquesta reacció de reducció forma l' NADH , que pot ser utilitzat com a agent

reductor per a cedir electrons. Aquesta transferència d'electrons és la funció principal del NAD⁺.

Així doncs, en la respiració cel·lular, l'NAD⁺ realitza la seva funció principal explicada anteriorment. Aquest coenzim agafa un H₂ provinent del cicle de Krebs formant NADH. Tot seguit aquest coenzim reduït NADH, i també l'FADH (el qual fa la mateixa funció que l'NAD⁺), cedeixen els seus electrons a la cadena transportadora d'electrons, passant a la seva forma oxidada. Aquests electrons salten d'una proteïna transportadora a una altra produint reduccions i oxidacions constants. Durant aquestes reaccions s'allibera energia, la qual és utilitzada per les pròpies proteïnes per bombejar hidrogenions a l'exterior de la matriu, a l'espai intermembranós. Aquest espai queda amb més concentració i amb el pH més àcid. Aquesta diferència de concentració activa l'ATP sintetasa, la qual deixa passar els hidrogenions per igualar el medi, i quan ho fa es desprèn energia, la necessària per unir un ADP i Pi formant ATP.

Per tant, com a resultat final d'aquesta sèrie de reaccions, obtenim energia en forma d'ATP, el compost energètic que utilitzem els éssers vius.

Respecte els productes, s'obté CH₄, gràcies a la unió de hidrogenions amb el carboni provinent del CO₂, i H₂O, gràcies a la unió d'hidrogenions i l'O₂ del CO₂. L'H₂ necessari en aquesta reacció no és comú a la biosfera, per aquest motiu els microorganismes que porten a terme la respiració anaeròbia es troben a llocs específics com el fons de llacs i pantans o l'estómac dels rumiants, on diferents microorganismes produeixen H₂ lliure.

4.1.4.- La fermentació

La fermentació és una oxidació parcial, en la qual a partir d'una molècula orgànica n'obtenim una altra, a diferència de la respiració anaeròbia, en la qual obtenim una molècula inorgànica. En el procés de fermentació, comparant-lo amb la respiració anaeròbia, obtenim com a producte menys energia en forma d'ATP.

Aquest procés s'utilitza quan les cèl·lules necessiten una font d'energia ràpida, ja que no realitzen la respiració anaeròbia perquè és un procés més complex i, per tant, la formació d'ATP requereix més temps. La fermentació és utilitzada per alguns organismes procarïotes i alguns eucariotes, com els llevats.

Dins el digester que he creat com a part pràctica, hi ha uns microorganismes que fan la fermentació butírica, la funció d'aquests és descompondre les substàncies glucídiques d'origen vegetal, com el midó i la cel·lulosa i els converteixen en productes com l'àcid butíric, l'hidrogen, el diòxid de carboni, etc.

4.1.5.- Aplicacions del biogàs

Biodigester d'ús domèstic:

Encara que associem el nom de biodigester a una complexa estructura només accessible per a les grans empreses, la veritat és que ja hi ha companyies que han construït biodigestors domèstics, anomenats "HomeBiogas". Aquests digestors són un sistema domèstic que converteix els residus orgànics en gas per cuinar i en fertilitzant per a les plantes del jardí.

Els "HomeBiogas" estan pensats per processar fins a 6 litres de residus orgànics o fins a 15 litres d'excrement animal. Aquests biodigestors poden arribar a crear uns 600L de gas, unes 3 hores de combustió pel fogó.

A més d'utilitzar-se per crear gas, el fertilitzant obtingut del procés dins el digester és d'una gran qualitat; per tant, pot ser utilitzat pel jardí, l'hort ... A més de tots aquests avantatges, és bo per al medi ambient. S'estima que gràcies al biodigester podem estalviar 6 tones d'emissions de carboni a l'atmosfera anualment.

Aquest invent pot ser molt útil per a les llars del primer món, per reduir els costos del gas, donar un segon ús als residus orgànics i a la vegada crear un bon fertilitzant per a les plantes; però hi ha llocs al món on l'ús dels biodigestors els facilita la vida.

Moltes zones aïllades de Sud-Amèrica no tenen accés a la electricitat ni a gas, gent que viuen de la ramaderia, en una vida de pràcticament pobresa extrema i que sobreviuen sense serveis bàsics. La solució que han trobat per poder tenir gas per cuinar, escalfar l'aigua... és crear-se un biodigestor domèstic i alimentar-lo amb els residus orgànics i els excrements dels animals que conviuen amb ells. Això els és molt útil i cada vegada més llars sud-americanes s'estan apropiant de la idea i li estan donant ús a les seves llars.

Automobilisme:

A diferència d'altres combustibles fòssils, el gas natural pot ser generat a partir de processos de descomposició orgànica. Residus procedents d'abocadors, granges, depuradores d'aigües residuals... quan aquest gas es crea a partir de processos de descomposició orgànica, s'anomena biogàs, i es considera un recurs renovable inesgotable.

L'empresa automobilística SEAT ha apostat per la tecnologia de gas natural comprimit (GNC): proposa que s'utilitzin abocadors com a generadors de metà i utilitzar-lo per fer funcionar motors de combustió interna adaptats. És el millor per al medi ambient, ja que el resultat de la combustió del metà és millor per a la atmosfera que el metà lliurat en forma de CH_4 .

Xarxa de gas natural:

Una altra opció, que a dia de avui és la més viable, és recollir el biogàs, i fer-li passar un procés de netejament i de purificació. El biogàs surt amb una puresa aproximadament del 65%, i la xarxa natural conté un gas d'aproximadament un 98% de puresa. Un cop s'ha passat pel procés de purificació, no es pot notar diferència entre un gas i l'altre.

Actualment és la forma de vendre el biogàs més viable.

Motor elèctric:

Una opció també és agafar el biogàs obtingut del digester i fer-lo servir com a combustible per un motor generador d'electricitat, i aleshores vendre aquesta electricitat a la xarxa elèctrica. Aquest procés s'anomena cogeneració, i consisteix en una producció combinada d'electricitat i calor. S'obté mitjançant una mateixa font primària i es pot definir com la producció conjunta, en procés seqüencial d'energia elèctrica i energia tèrmica útil.

Un gran avantatge de la cogeneració és l'eficiència energètica, ja que es pot obtenir a partir del combustible primari, a diferència de les opcions convencionals de generació d'energia elèctrica i tèrmica per separat.

Problemes i limitacions del biogàs:

Al no haver-hi moltes plantes de degradació de biomassa, la maquinària que es fa servir és molt específica i si es fa mal bé, pot tardar mesos en tornar-se a fabricar i per tant al no tenir la maquinària, la planta no funciona i pot produir grans despeses per l'empresa.

Per produir un biogàs amb la màxima eficiència i que per tant que tingui més potencial de generar energia, els residus que estiguin dins el bioreactor han de ser el més purs possibles, per tant, només hi pot haver matèria orgànica si volem aprofitar el màxim rendiment del biogàs. Al voler fer això, abans d'abocar els residus dins el reactor s'han de fer molts processos de triatge que poden ser molt costosos ja que o es necessita maquinària, o més persones que ajudin amb aquesta tasca.

Els residus entrats a la planta han de ser homogenis, és a dir, sempre del mateix origen. Els bacteris no poden digerir productes que cada dia siguin diferents en composició. Per tant es necessita una font constant i homogènia de residus orgànics cosa que complica el procés.

També:

- Les instal·lacions d'una planta de cogeneració requereixen una inversió econòmica important per a l'empresa, que triga bastants anys a amortitzar, sent

el temps mitjà de vida útil al voltant de 20 anys.

- Aquestes instal·lacions requereixen manteniment, és a dir, costos addicionals, portant-lo a terme la mateixa empresa o empreses especialitzades.
- És necessària una normativa adequada per regular i/o resoldre possibles conflictes que es poden donar entre les relacions cogenerador-companyia elèctrica.

Avantatges del biogàs:

La utilització del biogàs com a font d'energia genera un estalvi d'energia primària, en concret de combustibles fòssils. Les grans centrals de producció d'energia consumeixen una gran quantitat de combustibles d'aquest tipus, i si tenim en compte que en gran part dels casos, per obtenir cada un dels tipus d'energia l'obtenim de forma separada, amb la cogeneració estalviem la meitat de l'ús de combustibles fòssils.

4.1.6.- Exemple de la visita a la planta de biogàs de Secomsa (Serveis Comarcals Ambientals, SA.), a Botarell (Baix Camps).

Secomsa, que és una empresa pública que agrupa els municipis de la comarca del baix camp i que es dedica a la recollida selectiva i al tractament de residus municipals, recull unes 85000 tones anuals de rebuig (contenedor gris) de petits municipis de la província de Tarragona, aquests residus passen per una planta de triatge que consisteix en fer-los passar per reixes amb un espai de 70x70mm (els altres residus que entrin i no siguin matèria orgànica el digestor també els tolera) amb una grúa totalment automatitzada, d'aquí, en surten unes 35000 tones de matèria orgànica anuals. Després d'haver fet aquest triatge, s'afegeixen restes de poda i residus de fracció vegetal per millorar la qualitat de la matèria orgànica i passen al següent procediment.



Figura 11: rebuig recollit a la recollida selectiva. Font: pròpia



Figura 12: sistema de cargol sense fi.
Font: pròpia

Després del triatge i mitjançant un sistema de cargols sense fi, tota la matèria orgànica entra en un dels 3 digestors de biogàs de 1500m³ de volum. Aquests digestors contenen en el seu interior bacteris termòfils, aquests bacteris viuen a uns 54 °C i amb una humitat concreta i són els encarregats de degradar la matèria orgànica i produir biogàs, aquests digestors estan connectats a uns cargols rotatoris que fan girar el digestor a una volta per minut per preservar la temperatura. La matèria orgànica s'està uns 21 dies dins el digestor amb els bacteris fins que ja no se'n pot extreure més biogàs.



Figura 13: sistema d'escalfament del digestor.

Font: pròpia

Per escalfar els digestors, tenen construït un sistema de radiadors a sota que es mantenen a uns 74 °C i regulen la temperatura a uns 54 °C pel bon funcionament dels bacteris de l'interior. Aquests bacteris termòfils tenen tendència a quedar-se al final del digestor i com que la matèria orgànica que entra és més seca que la que surt, hi ha una recirculació de bacteris i aigua del final d'aquest procés a la entrada dels residus.

Quan es produeix el gas, puja a dalt dels digestors i surt per uns tubs (els tres digestors estan connectats i això fa que només hi hagi un tipus de gas).

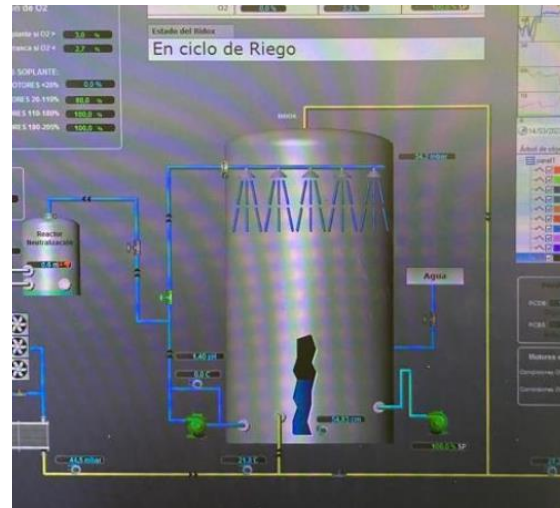


Figura 14: esquema del digestor.

Font: pròpia.



Figura 15: imatge del *biotrickling*.

Font: pròpia.

Però aquest gas surt amb moltes impureses com l'amoní, dissolvents..., i la més contaminant i tòxica, és el sofre que és un 0,5% del gas. Per eliminar-lo, el biogàs es refreda fins als 27 graus i entra en un *biotrickling*, que és una màquina on el gas puja per dins i li cau aigua i oxigen, això provoca que el sofre reaccioni i es torni en un sulfat i que passi de gas a líquid, això fa que els bacteris dins el *biotrickling* se'l mengin. Aquest procés fa que s'elimini gairebé tot el sofre del biogàs però redueix la concentració de metà i incrementa un 2 la d'oxigen.



Figura 16: imatge del digestor en construcció.

Font: propia.

Producte final:

Quan ja no es pot extreure més biogàs de la matèria orgànica, els residus sòlids surten dels digestors succionats per un sistema de xeringues i van directe transportats per fer compost, que una vegada madurat a la planta de compostatge, servirà per a fertilitzar i aportar matèria orgànica als conreus, o directe a l'abocador, cosa que sempre es procura que sigui el mínim possible.

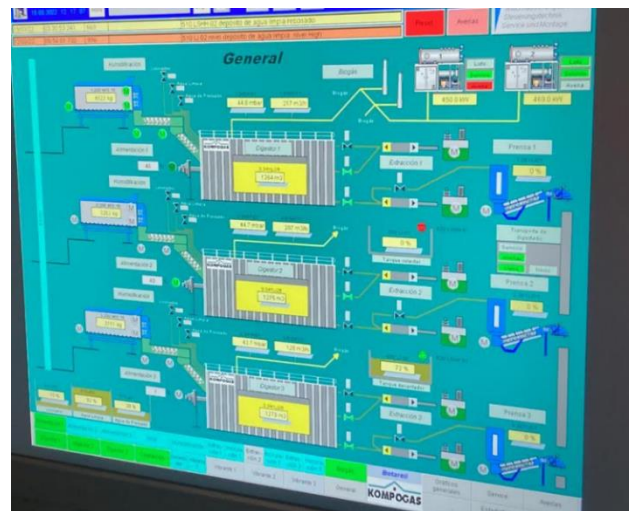


Figura 17: Esquema general del procés de producció de biogàs.

Font: propia.



Figura 18: Residus líquids del digestor.

Font: pròpia.

En canvi els residus líquids, passen tots per una depuradora interna de la planta que compta amb molts processos de centrifugació i decantació per tal de treure els fangs i els residus més pesants que ha acumulat l'aigua després de tots aquests processos. Aquests residus també s'aprofiten pel compostatge o simplement comercialitzant-los. L'aigua neta s'aprofita per la recirculació de dins els digestors o per neteja general de la planta.

Aquesta planta de producció de biogàs és autosuficient i l'energia sobrant la ven com a energia elèctrica.

4.2.- COMPOSTATGE

4.2.1-Introducció al compostatge

El compostatge és el procés de transformació i fermentació de la matèria orgànica gràcies a la presència d'oxigen per tal de produir fertilitzant que aporta nutrients a la terra.

Es produeix quan s'acumulen restes d'animals o plantes mortes en un lloc concret de la natura i gràcies a l'acció d'altres éssers vius com insectes o microorganismes i això fa que es transformi en nutrients per les plantes.

Des de fa segles els éssers humans han utilitzat aquest compost per fer la terra més fèrtil per tal de poder-hi plantar més eficaçment i també comporta el benefici de que tots els residus que s'utilitzen per realitzar aquesta tècnica no s'aboquen als abocadors i no ocupen tant espai ja que de cada 100 kg de residus orgànics se'n obtenen 30 kg de compost.

4.2.2-Compostatge domèstic



Per poder produir el teu propi compost necessites un compostador, que és un recipient amb una obertura a la part superior en el qual s'hi aboquen tots els residus orgànics que produeixes, no requereix cap cost de manteniment sinó que només unes condicions de temperatura i humitat adequades.

Figura 19: compostador.

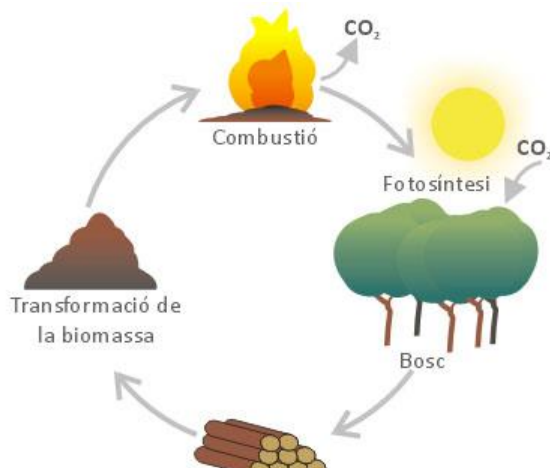
Font:

<https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-compostador-casero-3059.html>

4.2.3-Beneficis

- El resultat d'aquest procés de descomposició és un compost que té molts nutrients per les plantes i al ser natural no té substàncies tòxiques i no és contaminant ja que ajuda a que el sòl retengui la humitat millorant així la capacitat de cultivar plantes saludables i reduir el volum de residus orgànics.
- El compostatge permet la continuïtat del cicle de la vida ja que alimenta tot tipus de plantes i vegetals que posteriorment seran aliment d'altres espècies animals.
- El compostatge té molts avantatges pel medi ambient com que per exemple una bossa d'escombraries normal conté un 50% de residus orgànics els quals poden ser reciclats i tornar a la terra facilitant els desenvolupament de les plantes i animals del seu voltant. A més a més, els números són clars i un dels grans problemes ambientals de l'actualitat és el gran volum que ocupen els residus orgànics i inorgànics, en el cas dels orgànics per cada 100kg d'aquests se'n extreu 30 de compost, això comporta un 70% de reducció de volum en residus orgànics.
- El compostatge es pot comercialitzar, si tu tens un compostador propi a casa i et sobra compost pots posar-lo a la venda ja que és tant apreciat pels jardineros i la gent que treballa al camp que li diuen "or negre".
- Al nostre país, encara no hi ha la cultura del compostatge per a valoritzar residus domèstics a escala familiar, i hi ha poca gent que ho faci bé.

4.3.- COMBUSTIÓ



La combustió de matèria orgànica es crea a partir de residus orgànics que contenen grans quantitats de carboni i hidrogen, unes condicions de calor altes i O_2 .

Figura 20: esquema de la combustió.

Font:

<http://www.maestrocompostador.es/Metanizacion/Metanizacion.html>

4.3.1-Procés:

Com ja sabem, la combustió involucra una reacció química de reducció i oxidació, això indica que la substància que volem incinerar guanyarà electrons a través del procés d'oxidació i els cedirà al medi a través del procés de reducció.

La combustió sempre té un agent extern, l'oxigen, que obtindrà els electrons que desprèn la substància incinerada en la seva reacció de reducció.

4.3.2-Tipus de combustió:

-Combustió incompleta: El procés de combustió es realitza de forma parcial, amb productes a mig procés d'oxidació dels gasos combustibles, podent ser hidrogen, monòxid i partícules de carboni.

-Combustió completa: L'oxidació és total, es consumeix tot el material combustible i els subproductes són compostos oxigenats: aigua en forma de vapor, diòxid de carboni o sofre.

- **Combustió neutra:** són combustions completes ideals, realitzades al laboratori que utilitzen les quantitats exactes d'oxigen per a una reacció perfecta.

Les combustions metanogèniques sempre són combustions completes ja que tots els residus orgànics s'acaben cremant i no queden substàncies a mitja reacció.

4.4.- PIRÒLISI

Aquesta tècnica consisteix en la descomposició química de la matèria orgànica causada per les altes temperatures (300-800°C) i l'absència d'oxigen. Aquest procés allibera gasos carbònics (CH₄) i residus sòlids que es poden aprofitar per obtenir energia de forma renovable.

4.4.1-Tipus de piròlisi

Al requerir d'altres temperatures per ser desenvolupada i per tant energia tèrmica, es pot agrupar en dos grups:

Piròlisi de sistemes directes: l'energia tèrmica necessària per tenir les condicions de calor adequades es crea a partir de la combustió dels residus orgànics.

Piròlisi de sistemes indirectes: l'energia tèrmica necessària per tenir les condicions de calor adequades prové del propi gas que desprèn la piròlisi.

4.4.2-Residus de la piròlisi

Com a resultats d'aquest procés s'obtenen 3 tipus de residus:

-Sòlids: compost per tots els materials no combustibles els quals o bé no s'han transformat o bé procedeixen de la condensació d'elements amb un alt contingut carbònic.

-Líquids: compost bàsicament per hidrocarburs de cadenes llargues com fenols o ceres formades per condensar a temperatura ambient.

-Gasos: principalment es generen gasos amb components bàsics com el CO, CO₂, H₂ o CH₄. També es troben substàncies més volàtils les quals provenen de la reacció entre les molècules orgàniques i els residus ja existents.

4.4.3-Usos de la piròlisi

Els residus líquids i gasosos es poden aprofitar mitjançant un sistema de combustions a través d'un cicle de vapor per a la producció d'energia elèctrica la qual pot ser transportada i comercialitzada molt fàcilment. El residu sòlid es pot utilitzar com a combustible en instal·lacions diferents instal·lacions industrials, com per exemple, en plantes de producció de materials d'obra com el ciment.

5- ÉS VIABLE UNA PLANTA DE BIOGÀS A TARADELL?

Com ja hem vist en l'apartat de dades, Taradell genera unes 1000 tones cada any de matèria orgànica de molta qualitat, que es recull gràcies al sistema porta a porta que té el poble, per tant, segons dades extretes d'altres entitats com Secomsa Reus, en el cas de que es creés una planta de biogàs en la qual s'utilitzessin aquests residus per la producció de biogàs, es podrien generar uns 240 Mwh anuals sense contar les despeses de la planta. Però s'haurien d'invertir molts diners i recursos per construir una planta de biogàs amb unes dimensions suficients per transformar aquests residus i al final no sortiria rentable crear-la. Ara bé, entre tots els municipis que estan dins la Mancomunitat la Plana, es generen 4050 tones de matèria orgànica anuals, amb la qual cosa, es podria construir una planta de majors dimensions. Per tant, si utilitzem els mateixos càlculs, podríem estar generant aproximadament 980 Mwh anuals. Amb aquesta quantitat s'haurien d'invertir més recursos ja que la planta hauria de ser quatre vegades més gran que si només rebés els residus orgànics recollits a Taradell, però també es multiplicarien els Kwh generats i analitzant-ho a llarg termini, sortiria molt més rentable, per economia d'escala (la inversió més gran és més rentable). Mirant el consum mitjà d'energia a espanya (3272 KWh), amb l'energia

produïda per la planta, es subministrar calor i/o electricitat a més de 300 cases de Taradell.

Tenint en compte el rendiment d'una planta d'aquestes característiques, i que als municipis de la Mancomunitat La Plana la matèria orgànica de qualitat està assegurada (el sistema de recollida porta a porta de residus està molt consolidat de fa molts anys), es considera que seria viable, molt interessant i innovador aprofitar aquesta matèria orgànica per generar calor i electricitat a través de la generació de biogàs. La hipòtesi formulada a l'inici del treball per tant queda resolta amb la informació analitzada. Amb la informació aportada pel Dr. Flotats sobre els processos, l'experiència viscuda a Deseuras, SL, i veient una planta de mitjanes dimensions, podem concloure també que es podria aprofitar aquesta planta per tractar una certa quantitat de purins de porc o fems de vaca de granges de Taradell. Caldria fer un estudi de viabilitat tècnica i econòmica, per a detallar els costos del projecte i el cost final de l'energia.

6- RESUM DE L'ENTREVISTA AL DR. XAVIER FLOTATS

6.1.- ENTREVISTA AL DR. FLOTATS EL DIA 1 DE JULIOL DE 2022, MITJANÇANT TELECONFERÈNCIA (ZOOM).

A què et dediques actualment?

Ara mateix com que estic jubilat soc professor a mèrits a la Universitat Politècnica i gràcies a això puc seguir actiu donant conferències i escrivint articles.

Quins estudis tens?

Jo soc enginyer industrial i vaig començar l'especialitat d'enginyeria química però vaig veure que no era el que em pensava i no m'acabava d'agradar i em vaig canviar a l'especialitat de tècniques energètiques, per tant la química i l'energia sempre han estat relacionades i han format part dels meus estudis i la meua vida. Després, la meua tesi doctoral la vaig fer en enginyeria química, i em vaig treure un doctorat en enginyeria industrial.

Ens quins camps has investigat?

Principalment en el camp del biogàs, en el que pots trobar molts articles al meu nom però a part d'això, jo vaig començar treballant en matemàtiques ja que en aquell moment era el que m'agradava més i em venia mes de gust, quan vaig acabar la carrera vam muntar una empresa amb uns amics de tecnologies d'aprofitament solar l'any 1981 i la nostra intenció era treballar amb energies renovables, però a l'any 1981 no era gaire fàcil guanyar-se la vida a través d'energies renovables però va ser la oportunitat perquè a mi m'encarreguessin el primer disseny per construir una planta de biogàs, i jo vaig tirar-ho endavant i aquesta planta ha funcionat més de 20 anys, però no hi havia massa possibilitat de fer-ne moltes més perquè no hi havia demanda.

Després d'això la meva intenció era trobar una feina on hi hagués més mercat i fer allò que m'agradava que eren les energies renovables, però després em va sortir una oportunitat de donar classes de matemàtiques, cosa que ja havia fet com a professor de repàs per alumnes de batxillerat quan estava a la carrera, total, que m'ho vaig agafar com una feina de 4 hores la setmana, però resulta que això de donar classes també m'agradava i era prou bo així que l'any següent em van proposar de duplicar el contracte per tenir ja un horari complet, també em van proposar presentar-me a unes oposicions per ser professor titulat en matemàtica avançada, després doncs vaig pensar que això de l'ensenyament m'agradava i que podia ser l'oportunitat de dedicar-me en aquest camp però sense deixar el biogàs i el tema de les energies renovables, i vaig passar les oposicions i vaig començar la tesi doctoral que va ser sobre crear un model d'un reactor anaeròbic per generar biogàs.

Després d'uns anys en el món de la docència jo ja em volia dedicar en temes d'enginyeria ambiental que era el que jo havia estudiat i la meva intenció era tornar amb els companys que havia creat l'empresa de tecnologies d'aprofitament solar. Però per casualitat, a l'escola d'enginyers agrònoms de Lleida van canviar el pla d'estudis i va aparèixer assignatures d'enginyeria ambiental, de manera que m'hi vaig presentar ja que era un entremig entre les meves dues passions. Va ser una època molt exitosa perquè ens van encarregar molts treballs i projectes sempre relacionats amb els residus orgànics, però va arribar un moment cap allà l'any 2004 que vaig veure que allà no podia créixer més i em va arribar una oferta de la Universitat politècnica em va oferir crear un centre d'investigació a Mollet del Vallès, durant 11 anys el projecte va funcionar molt bé, teníem encàrrecs de tota Europa i fèiem molts estudis amb residus orgànics.

A l'any 2008 vaig guanyar una habilitació de catedràtic, això ara ja no existeix però abans si volies ser catedràtic havies de guanyar una habilitació que era un examen que havies de passar per obtenir el títol, total que vaig anar a Bilbao i el vaig passar de manera que aquests 11 anys vaig compaginar ser el director del centre d'investigació a Mollet i ser catedràtic a la Universitat Politècnica.

El centre d'investigació va tancar l'any 2012 i jo vaig continuar donant classes fins al 2017 que ja n'estava cansat, de manera que vaig decidir jubilar-me i em van nomenar professor a mèrits de manera que puc seguir en actiu escrivint articles i donant conferències.

Quins països són els més actius en la teva matèria? Amb quins has tingut relació en tots aquests anys?

A finals del segle XIX Anglaterra va començar a invertir en energies renovables, després d'això a començaments del segle XX els països amb més activitat eren França i Alemanya, però quan va arribar la guerra mundial el petroli va arrasar amb els altres sistemes d'obtenció d'energia gràcies al seu baix cost i facilitat d'obtenció. A Espanya, van arribar les investigacions d'Alemanya i França i cap al 1960 hi van haver peticions de diferents investigadors cap al ministeri demanant que es mires amb bons ulls crear plantes de biogàs per aprofitar els residus de les granges ja que podia ser una ajuda econòmica pels pagesos, però finalment no es va dur a terme fins l'any 1981 que es comencen a crear les primeres plantes de biogàs a Espanya.

A Dinamarca es van començar a prendre seriosament les plantes de biogàs a partir de l'any 1981 que van començar a crear plantes col·lectives, és a dir, instal·lacions que agafaven els purins de diferents granges i els tractaven tots en una planta de biogàs, l'energia que s'obtenia d'aquest gas, servia per escalfar l'aigua de pobles del voltant.

Després comença a destacar als anys 90 Alemanya, en aquells anys Alemanya tenia un gran problema d'emissions de CO₂ ja que té molta indústria, llavors el govern va començar a donar primes a aquells que produïen energia sense emetre CO₂, i el biogàs era una opció, com que sortia molt rentable fer-ho van incrementar molt les plantes de biogàs a Alemanya.

Al 2014 França va marcar uns preus al biogàs que asseguraven la rendibilitat de la planta per tant ara mateix a França s'està inaugurant una planta de biogàs quasi cada setmana.

Amb el país que he tingut més relació és amb Dinamarca, jo vaig començar a anar allà a aprendre sobre les plantes que construïen a l'any 1993 i l'any 1995 vaig està estudiant uns mesos a una universitat danesa.

Des de llavors hi he estat fent viatges quasi cada any com a professor o per donar conferències.

Diries que Espanya està per sobre la mitjana europea en la producció de biogàs?

Espanya està molt per sota, no t'ho pots imaginar, fa uns anys vaig calcular els kw hora de cada país dividit pel seu nombre d'habitants i estàvem els tercers per la cua de tot Europa, de manera que hi ha alguna cosa aquí a Espanya que ha fallat i jo penso que han set les institucions públiques. Si a altres països s'està produint tant biogàs és perquè el govern paga be l'electricitat produïda a través de biogàs.

Quins són els processos químics i biològics fonamentals per l'obtenció de biogàs?

Hi ha una primera part de desintegració biològica, aquesta fase consisteix en que les partícules grans s'han de convertir en partícules més petites per tal de que els bacteris hi puguin accedir, això passa dins el reactor ja que els mateixos bacteris generen uns enzims que ataquen a la superfície de les partícules més grans i lentament van degradant la partícula fins que la poden digerir.

Després ve la hidròlisi, que també és per passar les molècules més grosses a petites, per exemple: les proteïnes es trenquen també per enzims extracel·lulars que trenquen les macromolècules a aminoàcids en el cas de la proteïnes o sucres senzills a través dels hidrats de carboni.

Després comença la fase de acidogènesi, on els bacteris trenquen les molècules que poden per aconseguir energia i carboni, i s'anomena acidogènesi perquè trenca les molècules produint bàsicament àcids.

Després d'això comença una fase on uns bacteris diferents trenquen aquests àcids per produir hidrogen i diòxid de carboni, aquesta fase i l'anterior només es poden desenvolupar si la pressió parcial d'hidrogen és molt baixa, i només són possibles si uns altres bacteris consumeixen l'hidrogen per baixar la pressió i el diòxid de carboni i produeixen CH₄, per tant aquestes reaccions només es poden fer si es donen aquestes reaccions entre bacteris. Tot és un equilibri entre molts tipus de bacteris que s'ajuden entre ells, i el producte final, és el biogàs.

Dins del ventall de tots els residus orgànics, quins són els més òptims per produir biogàs?

El que genera més impureses i per tant el pitjor per fer biogàs, és la fracció urbana, no perquè no sigui òptima, sinó perquè entre el 30-40% del que es recull dels residus orgànics urbans, no és matèria orgànica perquè la gent no recicla i per tant no es pot posar dins un digestor.

El tema de quin produeix més no és tant important, el que afecta a la producció d'energia són les impureses produïdes per residus no orgànics que entren al digestor.

6.2.- CONCLUSIONS DE L'ENTREVISTA:

Gràcies a aquesta entrevista a un catedràtic expert en biogàs, he pogut aprendre molt sobre els processos químics, físics i biològics necessaris per a la producció i comercialització del biogàs. Aquests processos, explicats i comentats al detall per un dels millors experts, ajuda a entendre processos que són força complexes. També he pogut veure una opció de sortida professional després d'acabar la carrera i que el més important en una feina és treballar d'allò que t'agrada i et sentis més a gust.

Finalment, he pogut comprovar que dins el nostre país no hi ha gaire cultura per aquest àmbit ja que hi han molt poques plantes de biogàs comparat amb altres països d'Europa o del món, cosa que és molt negativa pel nostre país perquè les

fonts d'energies renovables són el futur d'aquest planeta i si volem tirar endavant com a país hem de començar a destinar molts més diners en aquest àmbit per tal d'avançar el màxim possible i sempre intentant destruir el mínim el nostre planeta.

7.- PART PRÀCTICA:

7.1.- INTRODUCCIÓ:

Ja que a Taradell més del 60% dels residus municipals recollits pel sistema porta a porta estan dins la fracció de residus orgànics, vaig pensar que estaria molt bé poder aprofitar-los per tal d'obtenir-ne energia renovable pel poble. Després de molta recerca vaig treure la conclusió que una planta de biogàs seria la millor opció ambientalment i econòmicament per obtenir més beneficis energètics. Per tal d'investigar i aprendre més sobre aquesta forma d'obtenció d'energia la meua idea de part pràctica per aquest treball ha estat crear un biodigestor domèstic per tal de comprovar que aquest mètode és viable. De la interpretació de la part teòrica i aquesta part pràctica en valorarem la segona hipòtesi que ens planteja si és o no viable la i obtenció de biogàs a partir de la matèria orgànica recollida selectivament a Taradell.

7.2.- PRIMERA IDEA

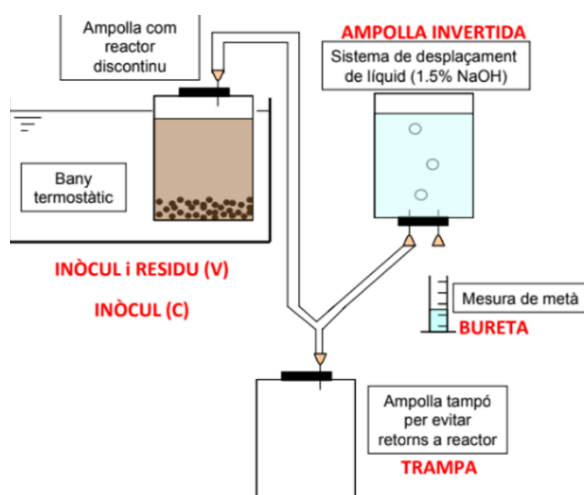


Figura 21: Esquema del primer disseny.

Font: propia.

Disseny d'un petit bioreactor: ampolla de 6L amb mostres de restes orgàniques domèstiques que connecta mitjançant un sistema d'agulles a pressió amb dues ampolles quadrades de 5L i 3L. Amb això s'aconsegueix que tot el biogàs que alliberi el bioreactor vagi a parar a l'ampolla de 5L la qual està plena d'aigua, a mesura que vagi entrant el gas, la pressió farà que l'aigua que hi hagi dins l'ampolla caigui dins un altre

recipient col·locat sota l'ampolla de 5L. Això farà que es pugui mesurar el volum de gas produït pel bioreactor mesurant el volum d'aigua desplaçat.

7.2.1.- Materials necessaris:

- 1.Ampolla gasòmetre 5L
- 2.Ampolla tampó 2L
- 3.Ampolla invertida 2L
- 4.Pistola de silicona
- 5.Proveta 50mL
- 6.Inòcul de bacteries mesòfiles
- 7.Residus orgànics
- 8.Tubs de connexió entre ampolles
- 9.*Cutter*

7.2.2.- Procés de muntatge:

Agafem l'ampolla gasòmetre de 5L i amb un *cutter* hi fem un forat a la part lateral superior, en aquest forat hi fem passar el tub de connexió i hi afegim una bona quantitat de silicona per tal de que el gas no pugui sortir.

Seguidament agafem l'ampolla tampó de 2L i hi fem dos forats a la part superior dels dos laterals, agafem l'altre extrem del tub que prèviament hem connectat a l'ampolla gasòmetre i el connectem amb l'ampolla tampó afegint-hi silicona per soldar el forat.

Després agafem l'última ampolla i repetim el procés que hem fet amb l'ampolla tampó i hi fem els dos forats, en un forat connectem l'altre extrem del tub que surt de l'ampolla tampó i el soldem amb silicona i a l'altre i enganxem un tros de tub el qual porta a una proveta de 50mL.

Deixem assecar la silicona i posem l'inòcul de bacteries mesòfiles dins l'ampolla gasòmetre i hi afegim restes de matèria orgànica que tinguem per casa, omplim la tercera ampolla d'aigua i deixem que passi el temps generant que les bacteries de l'inòcul es mengin les restes orgàniques i produeixin biogàs el qual per pressió farà que l'aigua de la tercera ampolla es desplaci dins de la proveta sabent així el volum de gas que s'ha generat.

Inòcul de bacteries mesòfiles: Aquesta mostra de bacteries mesòfiles el vaig extreure d'un digestor en funcionament a gran escala (digestor de Ramaderia Deseuras, S.L.). Es va fer una analítica química de l'inòcul, que va ser extret directament del digestor.

Paràmetre	Metodologia	Unitats	Resultats					
			Digestat	FL flotador	FS centrifuga	Concentrat OI	Permeat OI	
pH	Electromètric	-	8,43 ± 0,01	8,12 ± 0,01	8,77 ± 0,01	8,21 ± 0,02	5,82 ± 0,04	
Conductivitat elèctrica (CE)	Conductimetria	mS/cm	29,67 ± 0,50	27,87 ± 0,12	4,52 ± 0,06	48,37 ± 0,90	243 ± 4,62	
Sòlids totals (ST)	Dessecació a 105°C	g/kg	56,39 ± 0,23	7,26 ± 0,03	207,5 ± 0,33	14,14 ± 0,46	0,04 ± 0,01	
Sòlids volàtils (SV)	Calcinació a 550°C	g/kg	36,18 ± 0,36	4,67 ± 0,05	133,55 ± 0,34	8,32 ± 0,42	0,01 ± 0,01	
Nitrogen Kjeldahl (NKT)	Micro Kjeldahl	g N/kg	6,90 ± 0,04	4,28 ± 0,19	12,08 ± 0,10	8,35 ± 0,05	0,02 ± 0,00*	* en g/L
Nitrogen amoniacal	Destil·lació/Fenat	g N/kg	5,21 ± 0,03	3,92 ± 0,01	6,06 ± 0,25	8,11 ± 0,20	0,02 ± 0,00*	* en g/L
Fòsfor total (P-Tot)	Digestió/Àcid Ascòrbic	mg P/kg	1190 ± 19	17,4 ± 0,8	4159 ± 197	65,8 ± 1,2	<0,05*	* en mg/L
Relació C/N	Combustió a alta T	gC/gN	2,82	1,42	6,30	0,68	4,42	
Potassi (K)	Espectroscopia	mg K/kg	561 ± 10	482 ± 8	562 ± 1	1014 ± 9	3,93 ± 0,03*	* en mg/L
Coore (Cu)	Espectroscopia	mg Cu/kg	7,9 ± 0,1	<2,0	30,9 ± 0,1	<2,0	<2,0*	* en mg/L
Zinc (Zn)	Espectroscopia	mg Zn/kg	39,0 ± 0,3	0,82 ± 0,03	162,4 ± 2,0	2,01 ± 0,05	0,39 ± 0,02*	* en mg/L
Calci (Ca)	Espectroscopia	mg Ca/kg	1853 ± 7	33 ± 1	7337 ± 96	50 ± 2	9,3 ± 0,2*	* en mg/L
Magnesi (Mg)	Espectroscopia	mg Mg/kg	193 ± 2	10,2 ± 0,4	745 ± 10	13,2 ± 0,9	3,6 ± 0,0*	* en mg/L
Ferro (Fe)	Espectroscopia	mg Fe/kg	1244 ± 10	84 ± 9	4977 ± 60	19 ± 3	0,7 ± 0,5*	* en mg/L
Cadmi (Cd)	Espectroscopia	mg Cd/kg	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012*	* en mg/L
Niquel (Ni)	Espectroscopia	mg Ni/kg	0,86 ± 0,02	0,27 ± 0,01	2,56 ± 0,02	0,25 ± 0,00	<0,02*	* en mg/L
Crom (Cr)	Espectroscopia	mg Cr/kg	1,1 ± 0,0	<0,08	4,1 ± 0,2	<0,08	<0,05*	* en mg/L
Mercuri (Hg)	Espectroscopia	mg Hg/kg	<0,05	<0,05	<0,09	<0,05	<0,02*	* en mg/L

Figura 22: Anàlisi de l'inòcul de bacteries mesòfiles. Font: Deseuras S.L

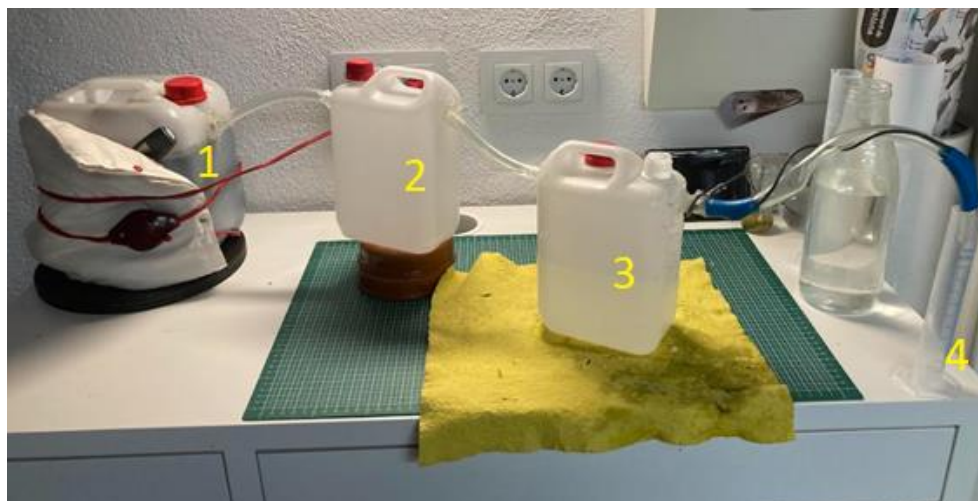


Figura 23: Primer disseny muntat. 1: Ampolla gasòmetre; 2: Ampolla tampó per evitar retorns al reactor; 3: Sistema de desplaçament líquid; 4: Proveta per mesurar l'aigua desplaçada pel gas.

Font: pròpia.

7.2.3.- Problema del primer disseny:

Malauradament després de unes quantes hores, el disseny explicat en l'apartat anterior no funcionava perquè no arribava aigua a la proveta. Les possibles causes d'aquest problema, es va arribar a la conclusió que varen ser les següents:

- El gas no tenia suficient força per moure l'aigua del sistema de desplaçament líquid.
- Les bactèries no tenien les condicions adequades per produir el suficient gas, com per exercir la pressió suficient per desplaçar l'aigua cap a la proveta.

A l'hora de fer el segon disseny em vaig centrar en millorar les condicions de les bactèries, i en assegurar l'estanqueïtat de totes les juntes (assegurar que les juntes dels tubs amb els diferents recipients fossin hermètiques).

7.3.- SEGON DISSENY

7.3.1.- Canvis incorporats al nou disseny.

Materials extra afegits:

- 1.Manta tèrmica (en el meu cas ja que la tenia per casa, pot servir qualsevol objecte que pugui mantenir el gasòmetre a una temperatura propera als 37°C).
- 2.Termòmetre.
3. Es va augmentar el volum de l'ampolla gasòmetre fins a 10L.



Figura 24: imatge de l'ampolla gasòmetre de 10L amb l'inòcul de bacteris, residus orgànics, manta tèrmica i termòmetre del segon disseny. Font: pròpia.

7.3.2.- Procés de muntatge 2

Repliquem el mateix sistema que he explicat a l'apartat anterior però afegim la manta tèrmica al voltant de l'ampolla gasòmetre i l'ajustem a la temperatura que volem mesurant-ho amb el termòmetre.



Figura 25: Muntatge complet del segon disseny. 1: Ampolla gasòmetre; 2: Manta tèrmica; 3: Ampolla tampó per evitar retorns al reactor; 4: Sistema de desplaçament líquid; 5: Proveta. Font: pròpia.

7.2.3.- Resultats del segon disseny

Després de tots els canvis en el disseny i valorant tots els factors possibles, les bactèries comencen a alimentar-se de la matèria orgànica i a generar gas. Els resultats de les mesures varen ser els següents:

Volum de matèria orgànica	de	Temps	Temperatura	Volum de gas generat	de	Percentatge d'inòcul i matèria orgànica
8L		3.5 min	37°C	100mL		50% 50%
8L		55 min	37°C	1,5L		50% 50%
8L		10h	ambient	0L		50% 50%
8L		5 dies	37°C	196,6L		50% 50%

Figura 26: Taula de resultats del segon disseny. Font: pròpia.

7.2.4.- Sobrecàrrega orgànica:

Després de 5 dies experimentant, el digester va canviar completament de color i va deixar de funcionar. Després d'una investigació (amb consultes personals de l'experiència al Dr. Flotats) vaig descobrir que el motiu pel qual havia deixat de produir biogàs era per una sobrecàrrega orgànica. Al posar tanta matèria orgànica es va provocar inicialment un pic molt alt de generació de gas, però que va durar molt poc temps ja que els bacteris havien descompost massa ràpid els residus orgànics provocant que s'acumulessin gasos volàtils i les bacteries quedessin inhibides.

La solució a aquest problema va ser posar un 95% del volum total del digester amb inòcul de bacteris mesòfils i afegir cada dia un 5% d'aquest volum de residus orgànics cada dia per tal de que els bacteris tinguin el menjar just i suficient per alimentar-se però no es carreguessin massa.

Això va provocar una producció de biogàs molt més lenta que va durar molts més dies, obtenint un volum de gas final molt superior.

7.2.5.- Resultats després de corregir la càrrega orgànica

Volum de matèria orgànica	de Temps	Temperatura	Volum de gas generat	Percentatge de inòcul i matèria orgànica
8L	8 min 10 sec	37°C	100mL	95% 5%
8L	2h 3 min	37°C	1,5L	95% 5%
8L	1 h	37°C	730mL	95% 5%
8L	1 dia	37°C	17,52L	95% 5%
8L	21 dies	37°C	378L	95% 5%

Figura 27: Taula de resultats del tercer disseny. Font: pròpia.

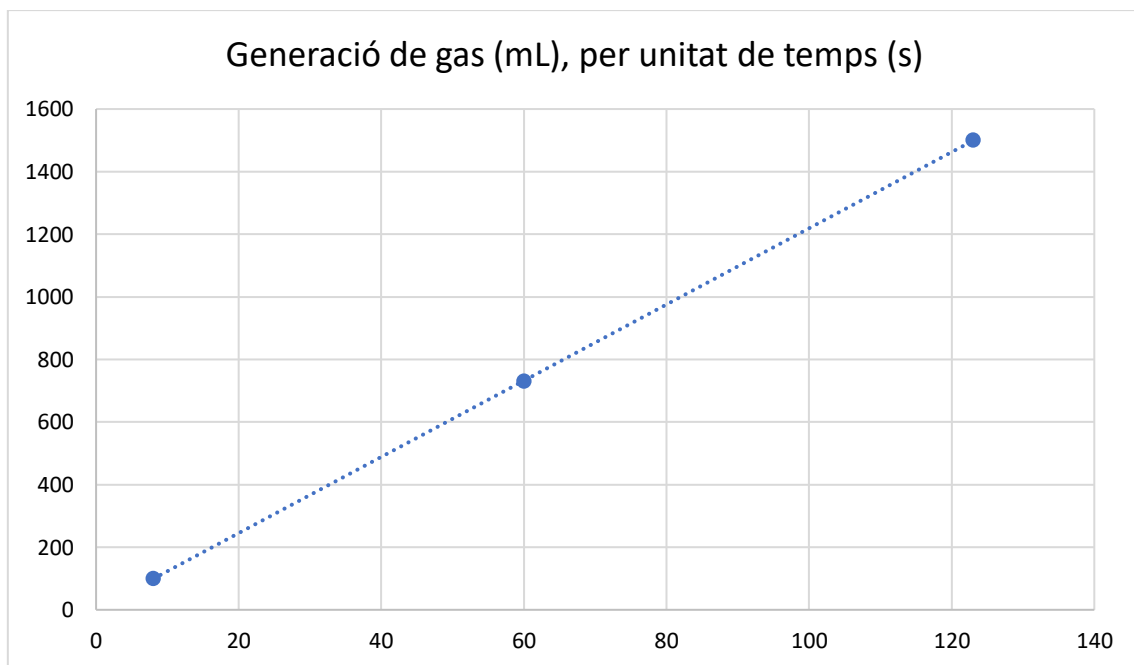


Figura 28: gràfic que mostra que la generació de biogàs (volum d'aigua mesurat a la proveta), es va comportar de forma totalment lineal i proporcional al temps de digestió). Font: pròpia.

Com podem veure a les taules de resultats, al primer intent de producció el qual contenia la meitat del volum total en matèria orgànica i l'altre meitat en inòcul, s'ha produït més del doble de gas que en el segon intent el qual contenia 95% d'inòcul i 5% de matèria orgànica. Però com he explicat prèviament, en el primer intent als 5 dies d'estar generant gas, la producció es va aturar per complet i per molta matèria orgànica que hi posessis els bacteris no generaven més.

En canvi en la segona prova el gas produït és menys de la meitat però és molt més regular i la producció ha aguantat durant més de dues setmanes.

Per tant, a l'hora de crear una planta de biogàs s'ha de tenir molt en compte les quantitats i proporcions d'inòcul i residus en els que els bacteris ja han iniciat la digestió i residus orgànics nous que s'afegeixen al digester. Sumant el gas generat en tres setmanes que el digester va estar en funcionament, es van obtenir uns 700L de biogàs.

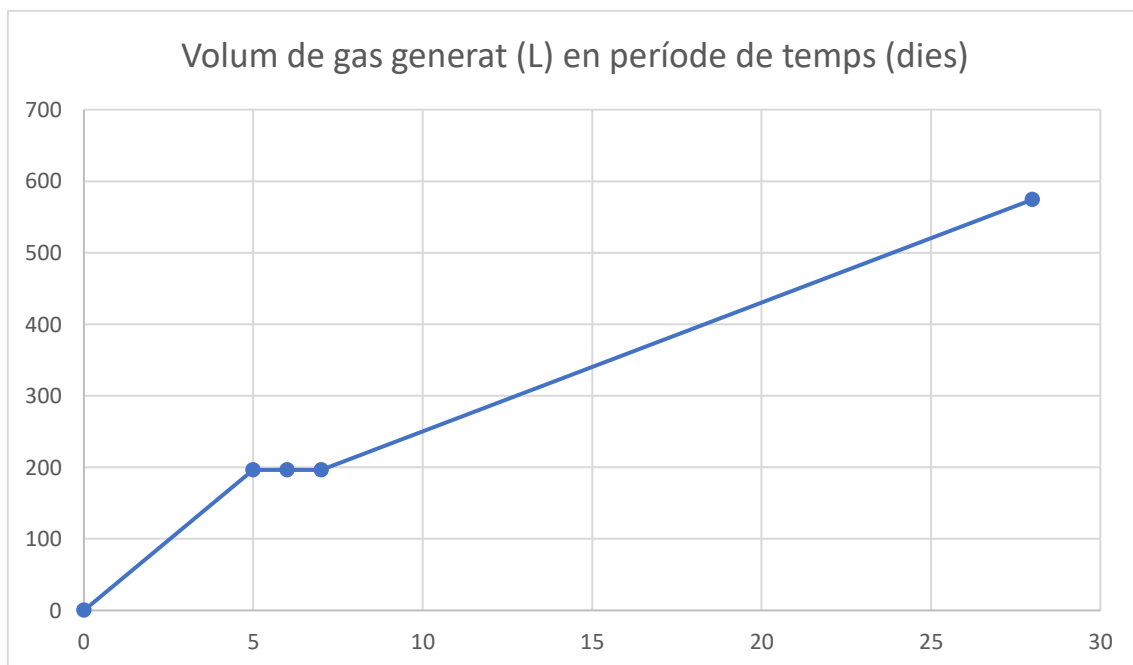


Figura 29: El gràfic mostra els resultats generals dels vint-i-vuit dies que el digester va estar actiu. Font: pròpia.

7.3.- RESULTATS GENERALS PART PRÀCTICA:

La meva part pràctica, ha estat la part que més he disfrutat de tot el treball. Crec que vaig fer una bona elecció decidint crear un biodigestor domèstic i ha estat tot un èxit. He pogut comprovar que aquest mètode d'obtenció d'energia és viable a petita escala ja que com ja he dit, durant gairebé 30 dies de producció el meu digestor ha generat uns 575L de biogàs a través de 65kg de matèria orgànica els quals segons les dades obtingudes gràcies a la meva recerca es poden convertir en uns 15,7 Kwh si disposes de generadors elèctrics o alguna altre forma de convertir el gas en energia.

Com he explicat prèviament he hagut d'utilitzar una manta tèrmica per tal de que l'ampolla gasòmetre es mantingues a una temperatura la qual els bacteris poguessin generar el màxim gas possible, i gràcies a una sèrie de càlculs he obtingut el resultat dels Kwh totals gastats per la manta tèrmica, que són uns 6,5 Kwh, per tant restant això a l'energia generada pel biogàs, ens surten uns 9,28 Kwh generats.

Això demostra un cop més que encara que no sigui amb les condicions més òptimes, el meu digestor surt rentable ja que genera més Kwh dels que necessita per funcionar i a mes a mes elimina residus orgànic domèstics, també demostra que la meva hipòtesi perquè en aquesta part pràctica he estat utilitzant matèria orgànica que s'hauria recollit en el sistema de recollida porta a porta de qualsevol poble i he demostrat que és vàlida per l'obtenció de biogàs.

8.- CONCLUSIONS FINALS

Al fer aquest treball de recerca m'he adonat d'alguns dels principals problemes mediambientals que afecten de forma global la terra: l'energia i els residus. Per evitar que la salut del nostre planeta no vagi a pitjor, hem de buscar diferents mètodes i solucions per evitar que la situació s'agreugi. Una d'aquestes solucions és la producció d'energia a partir de la matèria orgànica (residu) i transformar aquesta en inorgànica. Gràcies a això podem reduir l'excés de residus orgànics que suposen un perill per a la salut del planeta terra i, a la vegada, aconseguir crear una energia provinent d'una font renovable i no cremant combustibles fòssils que desprenen gasos a l'atmosfera.

Per explicar el seguit de processos que succeeixen dins el digestor, es necessiten uns coneixements bàsics de la digestió anaeròbia. Per tant, m'he hagut d'informar sobre la respiració anaeròbia i els diferents processos en l'obtenció del biogàs.

Tot i que al final he pogut explicar tots els processos de la forma més detallada possible, aquest tema conté molts de subtemes integrats i, per tant, trobar informació ha estat molt difícil ja que o sortien coses exageradament concretes o exageradament superficials, per tant triar la informació que he escrit en aquest treball ha estat una de les coses que m'ha suposat més temps.

No obstant, l'entrevista que vaig fer em va ser molt útil per entendre processos físics i químics que per internet no estaven gaire ben explicats i gràcies al doctor Xavier Flotats he pogut introduir-los en aquest treball.

També he tingut l'oportunitat de poder visitar dues plantes de producció de biogàs, vaig visitar la planta de la empresa Selecció Deseuras S.L i la planta de Secomsa Reus. Gràcies a les visites vaig poder veure dos models diferents de digestors construïts a gran escala i em van impactar molt, ja que els dos estaven molt ben muntats i tenien un gran rendiment econòmic i mediambiental, a part d'això les dues visites em van ajudar molt a veure les diferents parts d'un digestor funcional i a replicar-les en la meva part pràctica.

Pel que fa les meves hipòtesis crec que les dues han quedat resoltes gràcies a les dues grans parts del treball, amb la investigació, recerca i entrevistes de la part teòrica he pogut fer un estudi de la viabilitat d'una planta de biogàs a Taradell i amb la part pràctica he pogut comprovar que els residus de la recollida selectiva de Taradell són òptims per l'obtenció de biogàs.

Per mi el resultat final del meu projecte ha superat altament les meves expectatives ja que encara que he hagut de superar diferents problemes tècnics el meu digestor estat funcionant i produint gas gairebé un mes.

I per tant he pogut demostrar que és possible crear un digestor funcional per a un domicili, i aquest pot ser creat per un mateix, per tant és una forma gratuïta d'obtenir energia funcional per a ser utilitzada com a font d'energia tèrmica i elèctrica per la població.

Jo crec que el futur del biogàs està en l'ús particular i col·lectiu, ja sigui d'una casa per obtenir suficient gas per fer anar els fogons o per escalfar l'aigua o d'un municipi per tal de eliminar tots els residus municipals i proveir d'energia elèctrica o tèrmica a totes les llars del poble.

M'agrada pensar que, com a societat, hem trobat un tipus d'energia renovable que ens pot ajudar a produir energia neta a la vegada que aquesta mateixa elimina residus orgànics, ja que aquests també contaminen la biosfera, aleshores podem dir que utilitzant aquest mètode de producció d'energia estem reduint dos dels grans problemes ambientals del moment.

El principal problema està en què el govern no ajuda a potenciar aquesta energia amb subvencions econòmiques com s'està fent a d'altres països ja fa molts anys, i com ja he esmentat en aquest treball, com a país estem molt per sota de la mitjana. Per a seguir prosperant com a país, crec que la investigació tant de noves energies renovables com la potenciació de les que ja tenim és molt important.

9.- REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Agència de Residus de Catalunya. (2022) *Agència de Residus de Catalunya*
21/06/22

<https://residus.gencat.cat/ca/inici>

Ambientum. (2022) *La combustión como proceso de conversión energética*
9/02/2022

https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/la_combustion.asp

Ana Isabel de Lucas Herguedas (2012) *Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad* 09/02/2022

<http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

Cervi, R.G. (2013) *Sistema de compresión de biogás y biometano* 11/02/2022

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000600002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Equipo Editorial Etecé. (2021) *Concepto de materia orgánica* 08/02/2022

<https://concepto.de/materia-organica/>

Redagrícola. (2016) *Lo básico para entender el biogás* 10/02/2022

<https://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/>

Annex 2. Total de residus recollits per la Mancomunitat la Plana, la qual agrupa Aiguafreda, Balenyà, El Brull, Folgueroles, Malla, Muntanyola, Centelles, Riuprimer, Seva, Taradell, Tona i Viladrau.

Annex 2.1.

Municipi	Població	Auto compostatge	Matèria orgànica	Poda i jardineria	Paper i cartró	Vidre	Envasos lleugers	Residus voluminosos + fusta	RAEE	Ferralla	Olis vegetals	Tèxtil	Runes	Res. Especials en petites quantitats (REPQ)	Altres recollides selectives
AIGUAFREDA	2.512	5,10	359,49	24,24	155,81	108,19	145,91	198,86	25,21	17,32	1,07	9,29	106,57	3,24	39,84
BALENYÀ	3.840	4,00	341,41	10,89	216,09	110,03	188,68	93,94	22,72	8,51	2,41	14,46	39,37	3,27	6,40
BRULL, EL	258	2,00	8,54	1,08	16,92	24,76	14,73	7,76	1,85	0,85	0,37	0,06	3,92	0,33	0,62
FOLGUEROLES	2.265	4,80	318,80	1,25	111,05	70,78	97,87	33,22	8,62	0,98	0,68	12,72	4,51	0,38	0,96
MALLA	272	0,20	21,51	1,33	9,53	13,80	8,13	9,55	2,13	1,04	0,31	16,51	4,82	0,40	0,75
MUNTANYOLA	632	14,80	64,99	2,84	34,17	21,70	29,61	23,21	4,71	2,22	0,41	3,86	10,26	0,86	1,61
SANT MARTÍ DE CENTELLES	1.184	2,40	142,45	4,51	66,63	33,97	60,37	26,84	7,31	3,23	0,60	4,27	19,77	0,61	7,41
SANTA EULÀLIA DE RIUPRIMER	1.383	4,40	137,36	1,20	53,79	37,19	47,27	20,59	5,68	0,94	0,33	0,40	4,35	0,36	0,83
SEVA	3.544	17,90	649,17	19,74	215,37	143,50	186,94	179,75	29,70	15,34	2,33	9,08	72,48	5,71	12,65
TARADELL	6.640	17,40	1.037,48	34,98	370,54	255,79	329,25	359,34	50,33	40,02	3,44	14,87	111,43	12,87	12,64
TONA	8.356	10,90	1.124,34	46,94	476,76	198,05	411,42	365,29	70,96	36,69	5,00	19,89	169,63	14,14	26,36
VILADRAU	1.047	3,10	201,38	1,12	83,26	72,72	73,33	47,41	4,49	0,87	0,73	2,95	4,04	0,34	0,74

Annex 2.2.

Municipi	Total Recollida Selectiva	R.S. / R.M. % total	Kg / hab / any total	Rest a Dipòsit	Rest a Incineració	Rest a Tractament Mecànic Biològic	Suma Fracció Resta	F.R. / R.M. %	Generació Residus Municipal Totals	Kg / hab / dia	Kg / hab / any
AIGUAFREDA	1.200,13	82,24	477,76	0,00	0,00	259,09	259,09	17,76	1.459,22	1,59	580,90
BALENYÀ	1.062,19	76,35	276,61	0,00	0,00	329,05	329,05	23,65	1.391,24	0,99	362,30
BRULL, EL	83,80	66,40	324,81	0,00	0,00	42,41	42,41	33,60	126,21	1,34	489,19
FOLGUEROLES	666,62	85,16	294,31	0,00	0,00	116,16	116,16	14,84	782,78	0,95	345,60
MALLA	90,02	79,93	330,96	0,00	0,00	22,61	22,61	20,07	112,63	1,13	414,09
MUNTANYOLA	215,26	74,58	340,60	0,00	0,00	73,35	73,35	25,42	288,61	1,25	456,66
SANT MARTÍ DE CENTELLES	380,37	79,09	321,26	0,00	0,00	100,59	100,59	20,91	480,96	1,11	406,22
SANTA EULÀLIA DE RIUPRIMER	314,68	79,05	227,53	0,00	0,00	83,42	83,42	20,95	398,10	0,79	287,85
SEVA	1.559,65	87,08	440,08	0,00	0,00	231,43	231,43	12,92	1.791,08	1,38	505,38
TARADELL	2.650,37	83,97	399,15	0,00	0,00	505,82	505,82	16,03	3.156,19	1,30	475,33
TONA	2.976,38	73,63	356,20	0,00	0,00	1.066,16	1.066,16	26,37	4.042,54	1,33	483,79
VILADRAU	496,48	65,32	474,19	0,00	0,00	263,63	263,63	34,68	760,11	1,99	725,98

Observem les tones recollides en l'any 2020 de cada fracció de deixalles recollides en cada poble implicat en la Mancomunitat la Plana.

