

Avaluació energètica de **residus industrials biodegradables** a Catalunya

Energy evaluation of biodegradable industrial waste in Catalonia

REBUT: 21/9/2011 ACCEPTAT: 3/11/2011

CLARA VILAMAJÓ LLOBERA,¹
XAVIER FLOTATS RIPOLL²

¹ Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
Universitat Politècnica de Catalunya
(UPC) - Barcelona Tech

² Departament d'Enginyeria
Agroalimentària i Biotecnologia.
Universitat Politècnica de Catalunya
(UPC) - Barcelona Tech

RESUM: *El procés de digestió anaeròbia és una peça clau per a la gestió sostenible de residus orgànics. Contribueix a la producció d'energia renovable, a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle i a la reducció de la càrrega contaminant. El sector agroalimentari és un dels principals productors de materials orgànics residuals susceptibles de ser codigerits amb dejeccions ramaderes. A Catalunya, l'any 2008 es van generar al voltant d'1.281.500 t de residus industrials susceptibles d'ésser tractats mitjançant digestió anaeròbia. A partir de la informació detallada de la naturalesa, tractament i quantitats generades d'aquests residus, s'ha estudiat el potencial energètic que teòricament es podria assolir digerint-los anaeròbiament, determinant el grau d'incertesa deguda a la variabilitat en la composició i en la biodegradabilitat.*

De l'avaluació realitzada en el present estudi, s'ha obtingut que el potencial energètic disponible a partir de residus industrials orgànics és de 118.069 TEP/any, amb un grau d'incertesa associat a aquest valor del 33,2 %. Tenint en compte només els residus més accessibles, el potencial energètic obtingut ha estat de 24.600 TEP/any amb un grau d'incertesa del 32,4 %, amb 11.994 TEP/any corresponent a la indústria alimentària, amb un grau d'incertesa del 34,6 %.

PARAULES CLAU: *Residus orgànics, digestió anaeròbia, biogàs.*

ABSTRACT: *Anaerobic digestion is a key process for sustainable organic waste management. It contributes to renewable energy production, greenhouse gas emission mitigation and to the decrease of pollutant organic matter load. Agri-food industry is one of the main sectors producing organic waste. During 2008, approximately 1,281,500 tons of biodegradable organic waste were produced in Catalonia, which could have been transformed to biogas through anaerobic digestion. In the present study, the energy potential of this waste has been evaluated considering its characteristics, alternative treatment and amounts produced. Uncertainty has been also evaluated by taking into account variations in composition and biodegradability.*

The present study shows that the energy potential of the available organic industrial waste is 118,069 toe/year, with an uncertainty percentage of 33.2 %. If only the most accessible waste is considered, the energy potential obtained is 24,600 toe/year, with an uncertainty percentage of 32.4 %, and 11,994 toe/year belonging to the agri-food industry, with an uncertainty of 34.6 %.

KEYWORDS: *Organic waste, anaerobic digestion, biogas.*

Correspondència: Xavier Flotats Ripoll.
GIRO Centre Tecnològic. Centre UPC-IRTA.
Rbla. Pompeu Fabra, 1,
08100 Mollet del Vallès (Barcelona), Espanya.
Tel.: 935 796 780.
A/e: xavier.flotats@giroct.irta.cat.

INTRODUCCIÓ

La digestió anaeròbia és un procés biològic a través del qual part de la matèria orgànica continguda en un subtrat es degrada i se n'obté un material digerit més estable i un gas combustible (biogàs). La degradació de la matèria orgànica es produeix gràcies a l'acció d'un conjunt de microorganismes que treballen en condicions anaeròbies (absència d'oxigen).

El biogàs és una mescla de gasos formada principalment per metà (60-70 % en volum) i diòxid de carboni (30-40 % en volum), entre altres components com: àcid sulfhídric, hidrogen, amoníac, nitrogen, monòxid de carboni i oxigen. El seu poder calorífic inferior (PCI) és de l'ordre de 5.500 kcal/m³, valor del qual es dedueix que l'energia que es pot obtenir a partir de 10 m³ de biogàs equival a l'obtinguda amb 6-7 m³ de gas natural. Aquest és un dels principals motius pels quals la digestió anaeròbia resulta interessant en comparació amb altres formes de tractament de residus orgànics. El segon punt d'interès d'aquesta tecnologia rau en la revalorització del residu en termes d'estabilització de la matèria orgànica. Així, el material resultant, en funció de les seves característiques, es pot valoritzar en profit de l'agricultura ja sigui per aplicació directa als camps de conreu o amb un tractament previ, com ara el compostatge. Així mateix, la digestió anaeròbia de residus orgànics contribueix a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) i de males olors.

A Catalunya, els productes d'origen ramader constitueixen el residu més abundant, sobretot a causa de la gran aportació del sector porcí. S'estima que s'hi generen 6.939.243 t/any de fems i 12.507.217 m³/any de purins (Grau, 2010). La digestió anaeròbia resulta una bona opció de valorització de purins (Campos, Palatsi i Flotats, 1999), tot i que la seva aplicació es veu limitada per les seves característiques: baixa relació

C/N, baix contingut de matèria orgànica i alt contingut de nitrogen amoniacal i aigua. Aquestes limitacions poden superar-se mitjançant la digestió conjunta (codigestió) amb residus de la indústria agroalimentària amb composicions complementàries (Flotats *et al.*, 2001).

Molts residus de la indústria alimentària acostumen a tenir un alt contingut en matèria orgànica i, en conseqüència, presenten uns potencials de producció de biogàs superiors als dels purins: entre 30 i 500 m³/t (Ahring, Angelidaki i Johansen, 1992; Angelidaki i Ahring, 1997) enfront de 10-20 m³ biogàs/t purins (Flotats i Sarquella, 2008). No obstant això, aquests residus poden ocasionar problemes durant el procés de digestió, per la manca de nutrients necessaris per al desenvolupament dels microorganismes, el contingut excessiu de sòlids o la baixa alcalinitat (Banks i Humphreys, 1998). La codigestió d'aquests residus amb purins de porc resulta molt adequada, ja que els purins presenten un contingut d'aigua més elevat que la majoria dels residus industrials, més capacitat tampó i, a més, aporten els nutrients necessaris per al creixement dels microorganismes (Angelidaki i Ahring, 1997).

A Catalunya l'any 2008 es van generar al voltant d'1.281.500 t de residus industrials susceptibles d'ésser tractats mitjançant digestió anaeròbia, segons dades elaborades per l'Agència de Residus de Catalunya (ARC), a partir de criteris definits pels autors. Aquests materials són molt diversos i, per a una mateixa tipologia, les seves característiques varien segons la indústria d'origen. Identificar els residus que són adequats per codigerir, en funció de les seves característiques, composició i potencial de biogàs, així com les quantitats generades, la distribució geogràfica i la disponibilitat, són informacions útils per avaluar la viabilitat de plantes de codigestió.

El Plan de Biodigestió de Purins espanyol i el Pla de Promoció de Biodigestió de Purins Porcins de Catalunya (PROBIOPUR) són eines de

promoció de la codigestió anaeròbia, així com les línies d'ajuts per a les instal·lacions que utilitzen aquesta tecnologia d'acord amb les bases reguladores de les subvencions que estableixen el Reial decret 949/2009, de 5 de juny, modificat pel Reial decret 1255/2010, de 8 d'octubre, i l'Ordre AAR/483/2010, de 8 d'octubre, respectivament. Per bé que l'objectiu principal d'ambdós plans és la reducció d'emissions de GEH en la gestió de purins, s'inclou el tractament conjunt d'aquests amb altres residus industrials, a fi de millorar el rendiment energètic de les plantes de biodigestió. Les instal·lacions es beneficien també del finançament que suposa la prima elèctrica del biogàs, prevista al Reial decret 661/2007, de 25 de maig.

OBJECTIUS

L'objectiu del present estudi és estimar el potencial energètic dels residus orgànics industrials mitjançant digestió anaeròbia a Catalunya, així com caracteritzar aquest potencial per comarques, subsectors d'activitat i susceptibilitat per codigestió amb purins d'origen porcí.

METODOLOGIA

A Catalunya, la gestió de residus industrials queda regulada, entre d'altres, pel Decret 93/1999, sobre procediments de gestió de residus. Aquest estableix que les empreses productores de residus industrials, que no tinguin la condició de gestores, cada any han de presentar a l'ARC la declaració de residus corresponent a l'any anterior. Les empreses gestores de residus també han de presentar anualment la declaració de residus.

En aquest estudi s'utilitza la base de dades corresponent a les declaracions de residus de l'any 2008. Les dades es limiten als residus procedents de la indústria agroalimentària, residus procedents de les estacions depuradores d'aigües re-

siduals urbanes (EDAR), residus biodegradables de parcs i jardins, i residus orgànics d'origen municipal provinents d'establiments de restauració. La informació de les declaracions, facilitada per l'ARC, és la següent: comarca on es genera el residu, codi català d'activitat econòmica (CCAEE) principal de l'empresa productora, codi de residu segons el Catàleg Europeu de Residus (CER), classe de residu (especial o no especial), descripció del producte, forma de tractament i quantitat generada (tones). A continuació es descriu la metodologia de treball adoptada a partir d'aquesta informació.

Els residus de la base de dades elaborada a partir de la informació facilitada per l'ARC es classifiquen segons la seva disponibilitat. Es consideren residus *accessibles* els productes biodegradables la digestió anaeròbia dels quals resulta una forma de tractament alternativa o complementària al tractament especificat a la declaració. És el cas de productes que s'utilitzen en profit de l'agricultura o bé per fer compost. Es consideren residus d'accessibilitat dubtosa els productes biodegradables la digestió anaeròbia dels quals podria resultar una forma de tractament alternativa o complementària al tractament especificat a la declaració, però no es pot assegurar que hi pogués competir des del punt de vista econòmic. Seria el cas de residus dels quals es recuperen teixits i òrgans animals o els que s'utilitzen per a l'alimentació animal, entre d'altres. En general, es consideren prioritaris els processos que permeten una valorització material, per davant de la valorització energètica o de la digestió anaeròbia.

El conjunt format pels residus accessibles i els d'accessibilitat dubtosa forma el conjunt de residus *disponibles*. La resta dels residus continguts a la base de dades creada no es consideren en el present estudi, ja que la digestió anaeròbia podria no resultar una forma de tractament competitiu, davant formes de valorització material, o bé és un tractament no aplicable per la naturalesa del residu, o bé es tracta

de productes que poden contenir substàncies inhibidores del procés, com els fangs de depuradora fisicoquímica.

Per classificar els residus declarats segons el seu potencial energètic, i atès que un mateix codi de residu (25 codis CER considerats) inclou productes diferents, amb potencials de producció diferents, s'han creat 97 subgrups o categories. Per a cada subgrup s'ha creat una base de dades de valors de composicions i potencials de producció de metà, a partir d'informació bibliogràfica, incloent en alguns pocs casos informació de la descripció del residu aportada a la declaració.

Segons la naturalesa de la informació bibliogràfica recopilada a la base de dades pròpia, es distingeixen tres maneres d'estimar el potencial de producció de metà d'un subgrup:

Cas 1) Es treballa amb un subgrup de residus dels quals es té informació sobre el seu potencial (referències bibliogràfiques o dades experimentals), o bé la descripció del residu permet inferir prou dades per calcular-lo.

Cas 2) En cas de no trobar referències sobre el potencial d'un residu concret, però disposar d'informació sobre la seva composició (contingut en proteïnes, lípids i hidrats de carboni), es calcula el seu potencial de forma teòrica, suposant una conversió compresa entre el 60 % i el 75 %, en funció de la informació bibliogràfica, del carboni orgànic biodegradable en diòxid de carboni i metà (Buswell i Mueller, 1952).

Cas 3) En cas de no trobar referències sobre el potencial d'un residu concret, però disposar d'informació sobre la demanda química d'oxigen (DQO) del tipus de residu i la fracció biodegradable, s'estima el potencial a partir de la relació entre la producció de metà i l'eliminació de DQO, això és, $0,35 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg DQO}_{\text{eliminada}}$, amb un rendiment comprès entre el 82 i el 94 %.

El recull de bibliografia i dades experimentals utilitzat conté valors de producció de diverses fonts per a

un mateix subgrup de residus, motiu pel qual el resultat és un interval de valors en lloc d'una xifra única. De fet, en alguns casos s'obté més d'un interval de valors possibles. Es desitja que l'interval definitiu assignat a un subgrup de residus reculli la màxima quantitat d'informació i, alhora, sigui el més estret possible. Un interval és de la forma $[(\bar{X} - l), (\bar{X} + l)]$, on \bar{X} és la mitjana dels valors de l'interval i l és la meitat de l'amplitud. El grau d'incertesa de la mitjana (GI) es defineix com el percentatge de desviació (equació 1).

$$\begin{aligned} \text{Grau d'incertesa (\%)} &= \text{GI (\%)} = \\ &= \frac{l}{\bar{X}} \times 100 \end{aligned}$$

En l'estimació del grau d'incertesa intervé tant la variació en els potencials que pot presentar un mateix residu, segons la informació bibliogràfica, com les diferents composicions que aquest pot presentar en funció de la indústria d'origen per a una mateixa categoria. La combinació dels diferents intervals possibles pot donar lloc a graus d'incertesa elevats. A l'efecte d'avaluació, s'adopta l'interval més petit o l'obtingut prenent la mitjana de les fronteres dels intervals determinats, si el més petit no aporta valors coherents.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Potencials de producció de metà

A la taula 1 es mostren els potencials de producció de metà assignats a alguns subgrups de residus i el grau d'incertesa associat a cada interval, obtingut a partir d'informació bibliogràfica i adoptant el de menor amplitud.

Cal notar que un residu concret d'un dels subgrups podria presentar valors per sota o per sobre de l'interval adoptat, en funció de la composició i, sobretot, del contingut en aigua. També, que un potencial elevat per a un residu podria no ser realitzable si no és codigerint o afegint additius per complementar la seva composició.

TAULA 1. Exemples de potencial de producció de metà assignat a alguns subgrups de residus i grau d'incertesa associat

| Codi CER | Codi de subgrup | Descripció del residu | m ³ CH ₄ /t residu | | GI (%) |
|----------|-----------------|---|--|--------|--------|
| | | | Mín. | Màx. | |
| 020101 | 020101-1 | Fangs d'escorxadors | 28,00 | 51,06 | 29,17 |
| | 020101-2 | Teixits vegetals | 39,16 | 65,87 | 25,43 |
| | 020101-3 | Fangs de depuradora de la indústria alimentària | 14,30 | 44,82 | 51,63 |
| | 020101-4 | Pinyolada o sansa | 5,36 | 29,10 | 68,87 |
| 020102 | 020102-1 | Residus de conill | 5,38 | 14,84 | 46,78 |
| | 020102-2 | Sang | 38,93 | 100,00 | 43,95 |
| | 020102-3 | Teixits animals aviram | 65,00 | 300,00 | 64,38 |
| | 020102-4 | Teixits animals no aviram | 76,44 | 244,55 | 52,37 |
| | 020102-5 | Residus de peix | 69,45 | 204,34 | 49,27 |
| | 020102-6 | Sèu i greix | 447,20 | 562,00 | 11,38 |
| | 020102-7 | Teixits animals | 65,00 | 300,00 | 64,38 |
| | 020102-8 | Intestins i continguts | 31,20 | 53,04 | 25,93 |
| 020103 | 020103-1 | Rapa | 32,00 | 40,01 | 11,11 |
| | 020103-2 | Capcs sobrants de la ceba | 38,85 | 70,56 | 28,98 |
| | 020103-3 | Residus de fruites | 59,35 | 84,34 | 17,40 |
| | 020103-4 | Residus de cereals | 47,54 | 62,54 | 13,63 |
| | 020103-5 | Bolets | 18,65 | 29,23 | 22,08 |
| 020106 | 020106-1 | Gallinassa | 18,20 | 93,60 | 67,44 |
| | 020106-2 | Fems | 69,71 | 124,38 | 28,16 |
| | 020106-3 | Purins | 2,90 | 26,00 | 79,94 |

FONT: Elaboració pròpia.

Estimació del potencial energètic global

Els càlculs d'estimació de potencials de producció de biogàs a Catalunya es realitzen diferenciant entre potencial energètic disponible i accessible, tenint en compte la classificació segons la disponibilitat dels residus exposada a la metodologia.

El potencial mitjà *disponible* total de Catalunya s'estima en 118.069 TEP/any, amb un grau d'incertesa del 33,2 %. La figura 1 il·lustra la distribució comarcal corresponent. Les comarques amb més potencial disponible són la Segarra i Osona, atesa la gran quantitat de residus de teixits animals que s'hi generen. El Vallès Occidental és la tercera comarca amb més potencial disponible, principalment per la generació de residus de la indústria de fleca i pastisseria i terres de filtració d'olis, residus amb un potencial elevat de producció de metà.

El potencial mitjà *accessible* total de Catalunya s'estima en 24.600 TEP/any, amb un grau d'incertesa

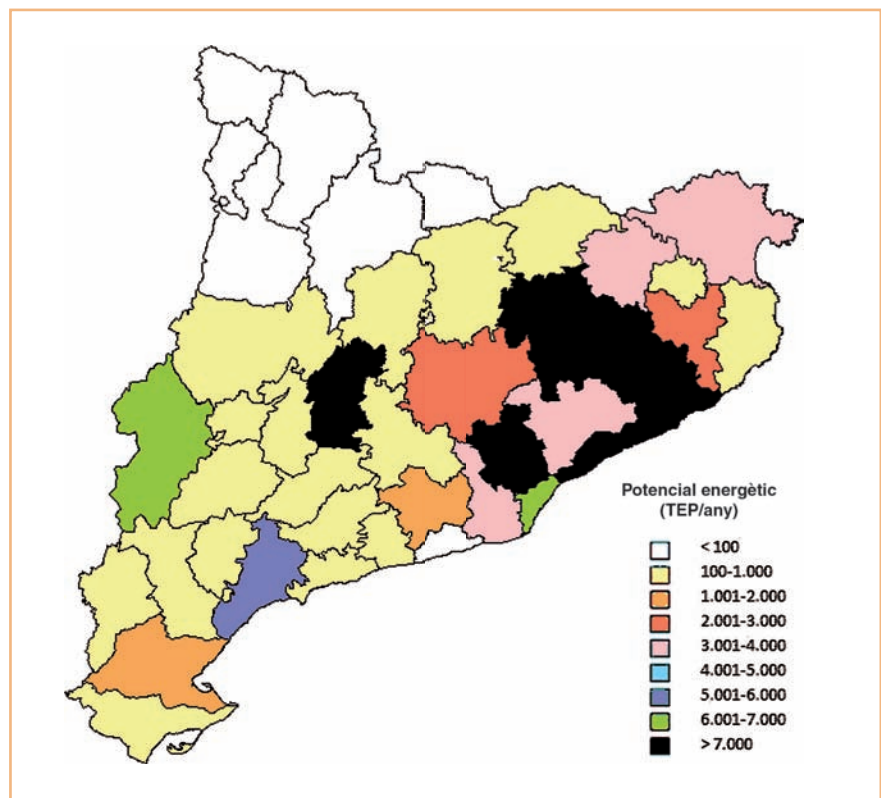


FIGURA 1. Distribució comarcal del potencial energètic disponible estimat (TEP/any) per digestió anaeròbia dels residus orgànics generats a Catalunya durant l'any 2008.

del 32,4 %. La figura 2 n'il·lustra la distribució. En aquest cas, la comarca amb més potencial energètic per biogàs és el Barcelonès, atesa l'alta generació de fracció orgànica de residus d'origen municipal provinents d'establiments de restauració. El Vallès Occidental és la segona comarca amb més potencial, principalment per la generació de terres de filtració d'olis, residu amb un potencial elevat de producció de biogàs. Les posicions següents són per a la Segarra, atesa la gran quantitat de continguts intestinals i fems procedents d'escorxadors i indústries càrnies, i el Segrià, pels residus de fruita procedents d'indústries de fabricació de suc i fabricació de productes per a l'alimentació animal.

Estimació del potencial energètic a partir de residus de la indústria alimentària

A la taula 2 es resumeixen els resultats obtinguts en l'estimació dels potencials energètics disponibles i accessibles corresponents als residus de la indústria alimentària.

A Catalunya, els residus industrials disponibles més abundants són els vegetals (incloent-hi els residus de l'elaboració i preparació de fruites i hortalisses, i de l'elaboració de l'oli, el vi i la cervesa), dels quals es van generar 440.444 tones l'any 2008. A continuació se situen els residus animals (residus procedents del sacrifici de bestiar i de la fabricació de productes carnis), dels quals es van produir 276.762 tones el mateix any.

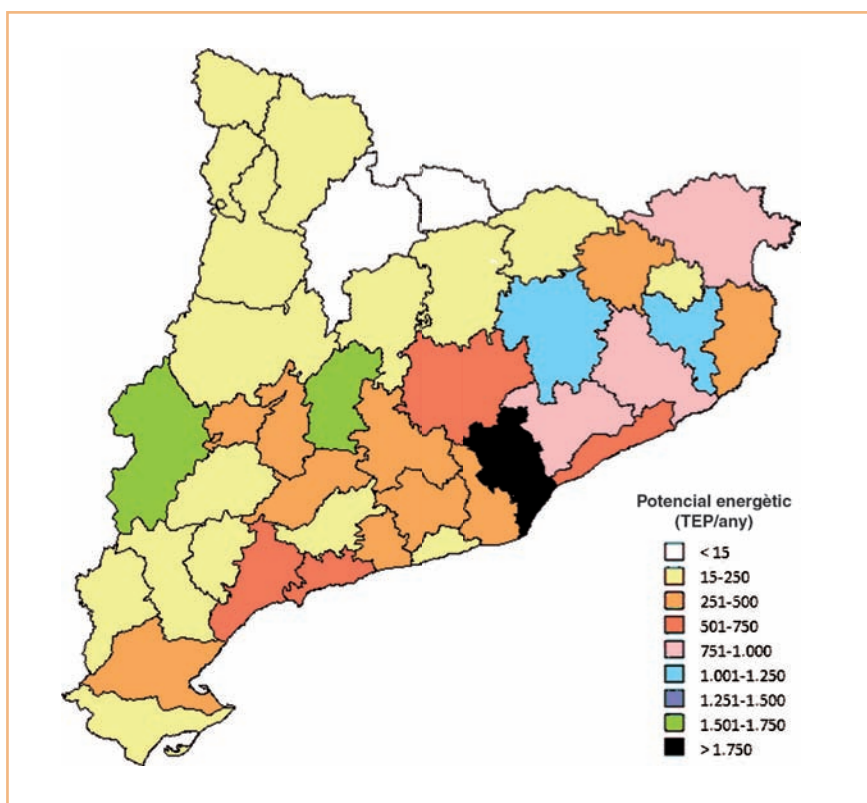


FIGURA 2. Distribució comarcal del potencial energètic accessible estimat (TEP/any) per digestió anaeròbia dels residus orgànics generats a Catalunya durant l'any 2008.

El projecte PROBIOGAS (PROBIOGAS, 2010) ha estimat potencials accessibles lleugerament superiors als del present estudi per a Catalunya, i potencials disponibles del mateix ordre de magnitud.

Estimació del potencial energètic a partir de fangs de depuradora urbana

El potencial energètic estimat dels llots de depuració és de 6.638 TEP/any

disponibles i 6.637 TEP/any accessibles, amb un grau d'incertesa del 22,2 %. En aquest cas, ambdues distribucions comarcals coincideixen i corresponen a la il·lustrada a la figura 3.

La distribució del potencial no es correspon del tot amb la distribució d'habitants de les comarques, ja que no es consideren els fangs obtinguts de plantes depuradores que ja disposen d'unitats de digestió anaerò-

TAULA 2. Potencials energètics de diferents tipus de residus de la indústria alimentària

| Tipus de residu | Potencial disponible | | Potencial accessible | |
|---|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | Valor mitjà (TEP/any) | GI (%) | Valor mitjà (TEP/any) | GI (%) |
| Residus animals | 72.469 | 42,5 | 6.512 | 40,4 |
| Residus vegetals | 22.076 | 18,5 | 5.167 | 28,1 |
| Residus lactis | 718 | 41,0 | 173 | 36,8 |
| Residus de fleca, pastisseria i indústria del sucre | 9.805 | 0,3 | 142 | 2,4 |
| TOTAL | 105.068 | 33,5 | 11.994 | 34,6 |

FONT: Elaboració pròpia.

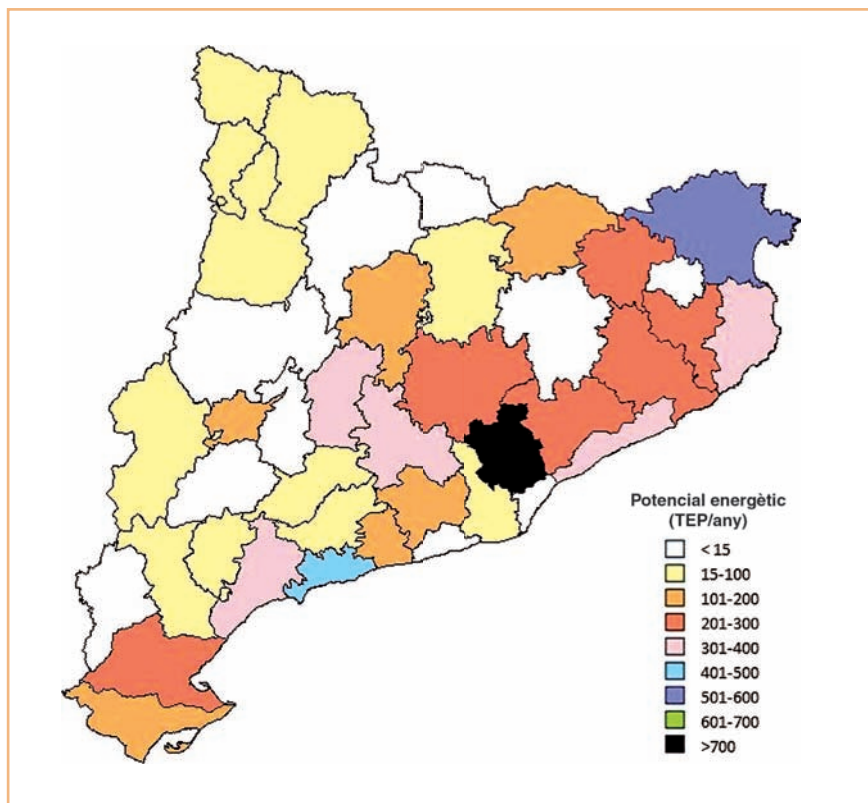


FIGURA 3. Distribució comarcal del potencial energètic estimat (TEP/any) per digestió anaeròbia dels fangs de depuradora urbana generats a Catalunya durant l'any 2008.

bia per al seu tractament. Aquests fangs no serien susceptibles d'un tractament posterior en una planta de biogàs.

Susceptibilitat per a la codigestió

La viabilitat de les plantes de digestió anaeròbia que tracten dejeccions ramaderes (o altres residus orgànics) depèn en gran mesura dels cosubstrats que es pugin tractar conjuntament. Una producció de 30 m³ de biogàs per cada tona de residu tractat és un valor orientatiu a partir del qual aquestes instal·lacions podrien ser rendibles econòmicament (Flotats i Sarquella, 2008).

Si es disposa de mesclades amb el 50 % de purins, que no proporcionin més de 15 m³ biogàs/t (Flotats *et al.*, 2001), per superar els 30 m³ biogàs/t caldria una mescla amb el 50 % de residus el potencial dels quals fos superior a uns 50 m³ biogàs/t. Per tant, es consideren adequats per codigerir amb dejeccions ramaderes els residus que proporcionen més de 50 m³ biogàs/t (32,5 m³

CH₄/t, suposant un 65 % de CH₄ en el biogàs).

El potencial energètic mitjà disponible calculat a partir dels residus que compleixen aquesta condició és de 105.585 TEP/any, amb un grau d'incertesa del 32,9 %, i el potencial accessible és de 14.144 TEP/any, amb una incertesa del 34,6 %.

Per a cada comarca, se seleccionen els residus disponibles susceptibles de ser codigerits dels quals es generen més de 500 t/any en tota la regió, tot diferenciant la quantitat accessible de la disponible. A la taula 3 se sintetitza aquesta informació per comarques.

Codigestió de residus orgànics industrials amb purins

Atès que a Catalunya es produeix una gran quantitat de purins i que existeixen plans que en promouen la codigestió amb altres residus, es procedeix a calcular la producció mitjana de biogàs en cas que es barreassin tots els purins amb els residus industrials accessibles generats.

D'una banda, la quantitat de purins que es produeix és de 12.507.217 t/any (Grau, 2010), un residu amb un potencial d'uns 15 m³ biogàs/t residu. De l'altra, es produeixen 191.661 t/any de residus industrials accessibles i aptes per codigerir, amb un potencial mitjà estimat de 16.446.485 m³ CH₄/any. La codigestió de les 12.507.217 t/any de purins amb les 191.661 t/any de residus industrials proporcionaria una producció mitjana de 16,77 m³ biogàs/t residu, si se suposa un 65 % de metà en el biogàs.

Tenint en compte que les plantes de biogàs haurien de superar els 30 m³ biogàs/t residu, per començar a suposar la seva rendibilitat, als preus de l'energia actuals (Flotats i Sarquella, 2008), es pot deduir que tan sols una petita fracció dels purins, de l'ordre del 10 %, poden ser susceptibles de codigestió en condicions competitives econòmicament. Aquest escenari podria millorar si s'aconsegueix augmentar el potencial de producció de biogàs dels purins, tot reduint el temps d'emmagatzematge previ a digestió, i si augmenta la prima a la producció d'energia elèctrica a partir de biogàs.

Consideracions finals

Cal notar que el present estudi ha fet una avaluació teòrica sobre el potencial energètic de residus orgànics industrials. Tots aquests residus ja són gestionats actualment mitjançant diferents mètodes, de manera que la seva valorització a través de digestió anaeròbia podrà ser una alternativa plantejable si els seus gestors actuals avaluen que aquest procés, i la valorització energètica del biogàs, els ofereix avantatges ambientals i econòmics.

CONCLUSIONS

El potencial energètic disponible a partir de digestió anaeròbia de residus orgànics industrials a Catalunya s'estima en 118.069 TEP/any amb un grau d'incertesa del 33,2 %, mal-

TAULA 3. Potencial de producció de metà per codigestió de residus industrials disponibles amb més de 500 t/any per comarques

| Comarca | Quantitat disponible | | Quantitat accessible | | GI (%) |
|-------------------|----------------------|---|----------------------|---|--------|
| | Generació (t/any) | Potencial (m ³ CH ₄ /any) | Generació (t/any) | Potencial (m ³ CH ₄ /any) | |
| Alt Camp | 12.624 | 972.173 | 619 | 26.507 | 23,8 |
| Alt Empordà | 29.006 | 3.735.120 | 9.502 | 474.772 | 28,9 |
| Alt Penedès | 28.691 | 1.473.517 | 92 | 4.654 | 2,7 |
| Anoia | 500 | 35.921 | — | — | 17,4 |
| Bages | 13.067 | 1.935.887 | 2.177,5 | 158.090 | 27,1 |
| Baix Camp | 20.870 | 5.545.053 | 4.134 | 170.371 | 46,7 |
| Baix Ebre | 5.264 | 502.001 | 15 | 1.078 | 16,0 |
| Baix Empordà | 910 | 63.204 | — | — | 44,0 |
| Baix Llobregat | 12.807 | 3.378.681 | 1.634 | 230.113 | 27,8 |
| Baix Penedès | 8.688 | 405.934 | 856 | 35.779 | 39,2 |
| Barcelonès | 94.399 | 7.575.924 | 77.669 | 6.234.381 | 32,4 |
| Berguedà | 2.837 | 259.707 | — | — | 44,9 |
| Conca de Barberà | 5.778 | 847.023 | 2.203 | 343.166 | 22,4 |
| Garraf | 1.143 | 58.706 | — | — | 2,7 |
| Garrigues | 2.038 | 279.392 | 2.038 | 279.392 | 70,0 |
| Garrotxa | 10.406 | 2.928.602 | 908 | 37.638 | 35,0 |
| Gironès | 9.171 | 1.720.216 | 2.352 | 429.330 | 32,2 |
| Maresme | 18.909 | 8.520.596 | — | — | 24,0 |
| Montsià | 1.823 | 126.638 | — | — | 44,0 |
| Noguera | 4.152 | 1.031.605 | 28 | 4.550 | 39,9 |
| Osona | 55.966 | 13.940.319 | 14.206 | 732.880 | 32,0 |
| Pla de l'Estany | 3.089 | 554.695 | — | — | 32,2 |
| Pla d'Urgell | 4.604 | 536.180 | 1.689 | 266.314 | 36,9 |
| Priorat | 2.600 | 133.510 | 2.008 | 103.155 | 2,68 |
| Ribera d'Ebre | 653 | 33.545 | 69 | 3.559 | 2,68 |
| Segarra | 196.832 | 33.169.067 | 8.213 | 325.011 | 50,9 |
| Segrià | 86.202 | 7.053.460 | 16.846 | 1.550.186 | 28,2 |
| Selva | 44.564 | 8.531.237 | 6.738 | 464.395 | 25,3 |
| Solsonès | 1.965 | 315.457 | — | — | 64,4 |
| Tarragonès | 5.298 | 424.989 | 3.801 | 229.507 | 32,9 |
| Terra Alta | 3.808 | 194.414 | 92 | 4.725 | 2,7 |
| Urgell | 3.911 | 945.611 | 2.510 | 421.637 | 6,9 |
| Vallès Occidental | 39.572 | 7.917.679 | 12.597 | 2.027.574 | 21,3 |
| Vallès Oriental | 21.813 | 3.369.627 | 6.453 | 575.207 | 28,7 |

FONT: Elaboració pròpia.

grat que la quantitat accessible estimada és 4,8 vegades més petita, 24.600 TEP/any, amb un grau d'incertesa del 32,4 %. Amb aquestes quantitats, es podrien digerir de manera eficient en instal·lacions de codigestió anaeròbia els residus orgànics accessibles i de l'ordre d'un 10 % dels purins generats a Catalunya.

AGRAÏMENTS

A l'Agència de Residus de Catalunya, per facilitar la informació necessària per fer aquest estudi, i a l'Equip de Digestió Anaeròbia del Centre Tecnològic GIRO, i a Eulàlia Planas del Departament d'Enginyeria Química de la UPC, per les seves aportacions.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- AHRING, B.; ANGELIDAKI, I.; JOHANSEN, K. (1992). «Anaerobic treatment of manure together with industrial waste». *Water Sci. Technol.*, 25 (7), p. 311-318.
- ANGELIDAKI, I.; AHRING, B. (1997). «Anaerobic digestion in Denmark. Past, present and future». A: *III Curs d'Enginyeria Ambiental*. Lleida, p. 336-342.
- BANKS, C. J.; HUMPHREYS, P. N. (1998). «The anaerobic treatment of a ligno-cellulosic substrate offering little natural pH buffering capacity». *Water Sci. Technol.*, 38 (4-5), p. 29-35.
- BUSWELL, A. M.; MUELLER, H. F. (1952). «Mechanism of methane fermentation». *Ind. Eng. Chem.*, 44 (3), p. 550-552.
- CAMPOS, E.; PALATSI, J.; FLOTATS, X. (1999). «Codigestion of pig slurry and organic wastes from food industry». A: *Proceedings of the II International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste* (Barcelona, juny 1999), p. 192-195.
- FLOTATS, X.; CAMPOS, E.; PALATSI, J.; BONMATÍ, X. (2001). «Digestión anaeròbia de purines de cerdo y codigestión con residuos de la industria alimentaria». *Porci: Monografías de Actualidad*, 65, p. 51-65.
- FLOTATS, X.; SARQUELLA, L. (2008). *Producció de biogàs per codigestió anaeròbia*. Barcelona: Institut Català d'Energia. (Col·lecció Quadern Pràctic; 1)
- GRAU, I. (2010). *Informe de sostenibilitat ambiental del pla de regadius de Catalunya 2008-2020*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural.
- PROBIOGAS (2010). *Cuantificación de materias primas para producción de biogás* [en línia]. Projecte singular i estratègic (PSE) PROBIOGAS. Informe de 9 de juny de 2010. <<http://www.probiogas.es/>>.