

34

Los gases renovables Un vector energético emergente

Alvaro Feliu Jofre
Xavier Flotats Ripoll



Enginyers
Industrials de Catalunya

3 novembre 2021



Els gasos renovables. Un vector energètic emergent

Xavier Flotats

<https://futur.upc.edu/XavierFlotatsRipoll>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



- Resum executiu
- Glossari de termes
- 1. Els gasos d'origen renovable (GR)
- Tecnologies i usos
 - 2. Generació de GR
 - 2.1. Generació de biogàs
 - 2.2. Gasificació tèrmica
 - 2.3. Producció d'hidrogen
 - 3. Transformació a qualitat gas natural
 - 4. Usos dels GR
 - 5. Injecció a la xarxa de gas
- Avaluació econòmica i ambiental
 - 6. Anàlisi econòmica de la producció de GR
 - 7. Reptes ambientals
- Regulació i realitat a Europa i Espanya
 - 8. El gas renovable a la Unió Europea
 - 9. La situació a Espanya
 - 10. Barreres al desenvolupament dels GR a Espanya
- Conclusions i propostes
- Annex: Experiències i casos pràctics

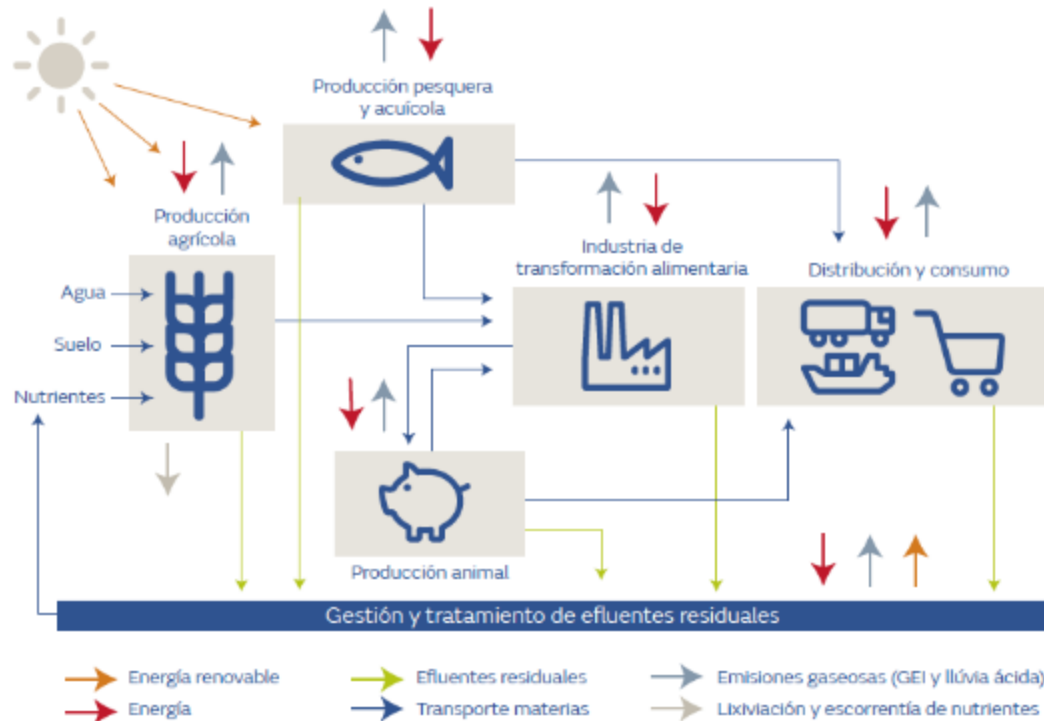
Abast:

Revisió de l'estat de l'art i del debat sobre el paper dels gasos renovables en la transició energètica espanyola cap a la descarbonització, en el marc de la Unió Europea

1. Els gasos d'origen renovable (GR)

Què són els gasos renovables?

Són els gasos combustibles obtinguts de matèries primeres o fonts renovables



Origen primari del contingut energètic dels compostos orgànics: la fotosíntesi



$\eta=27,9\%,\dots$ Real: 1 – 5%

2.1. Generació de biogàs

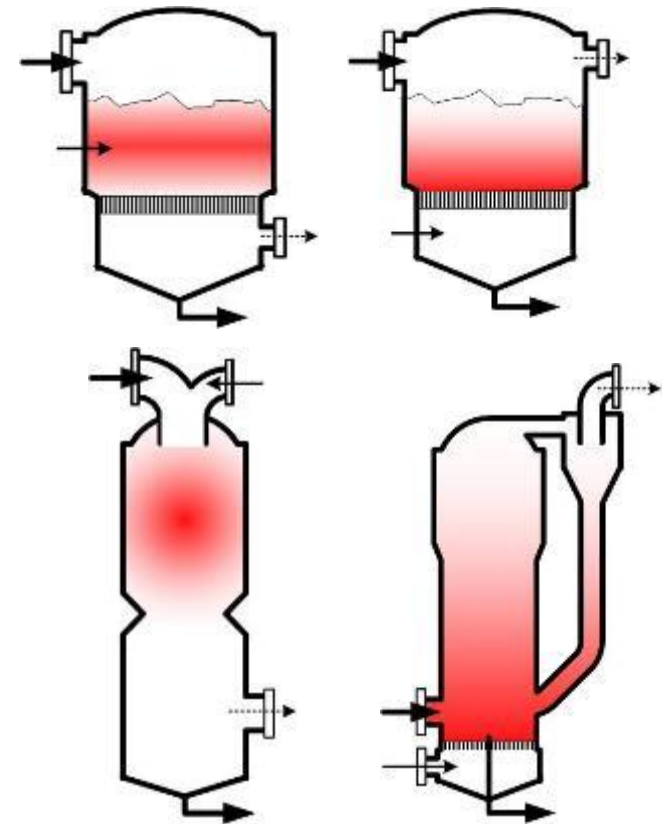
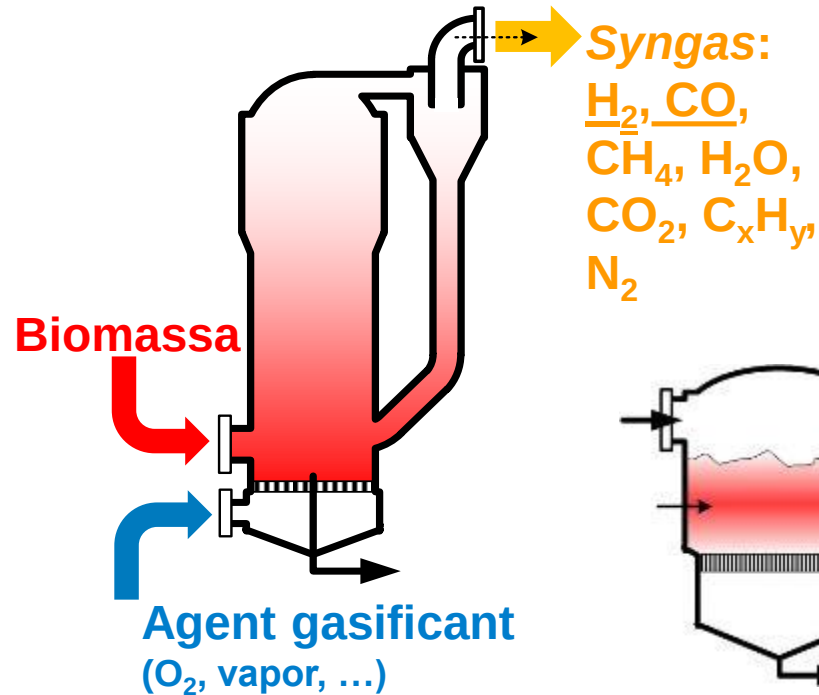


- **Biogàs**, obtingut mitjançant el procés de digestió anaeròbia de materials orgànics biodegradables, principalment residus orgànics domèstics, industrials, fangs de depuradora i dejeccions ramaderes, així como cultius energètics.



... també aigües residuals amb elevada càrrega orgànica

2.2 La gasificació (syngas)

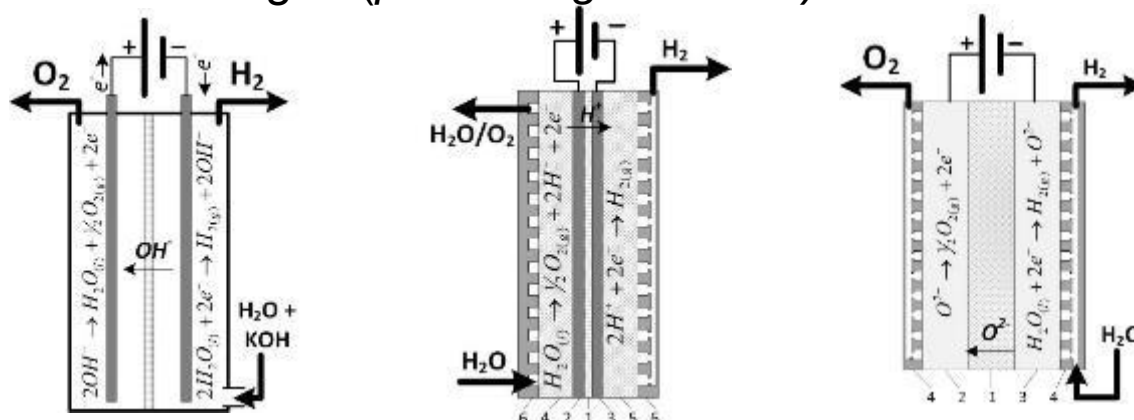


- **Gas de síntesi (syngas)**, obtingut mitjançant el procés de gasificació tèrmica de materials orgànics, principalment ligno-cel·lulòsics (residus forestals i agrícoles).

Eventualment també de CDR, combustible derivat de residus, tot i que degut al seu alt contingut en plàstics no s'hauria de considerar renovable.

2.3. Producció d'hidrogen

- Hidrogen**, obtingut de processos biològics, catalítics o a partir d'electricitat renovable mitjançant electròlisi de l'aigua (*power to gas – P2G*)



	Electròlisi alcalina	Intercambio de protones (PEM)	Óxido sólido (SOE)
Madurez tecnológica	Nivel comercial	Nivel comercial	En desarrollo
Temperatura (°C)	60-80	50-80	900-1000
Densidad de corriente (A/cm ²)	0,2-0,4	0,6-2,0	0,3-1,0
Voltaje de celda (V)	1,8-2,4	1,8-2,2	0,95-1,3
Potencia (W/cm ²)	<1,0	<4,4	-
Área de celda (m ²)	>4	<0,03	-
Eficiencia eléctrica (%)	62-82	67-82	81-86
Consumo energético específico (kWh/Nm ³ H ₂)	4,5-7,0	4,5-7,5	2,5-3,5
Pureza H ₂ (%)	>99,8	99,999	-
Tiempo de puesta en marcha (min)	15	<15	>60

3. Transformació a qualitat gas natural

■ Biogàs → biometà (GNR)

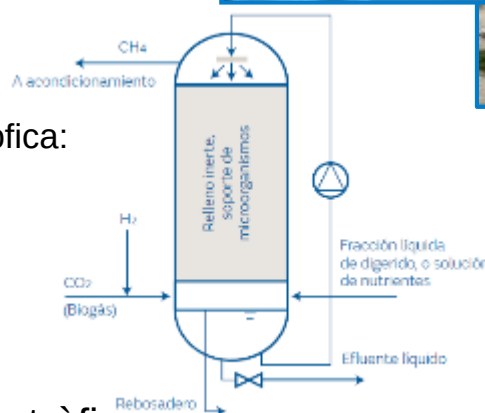
- Condicionament: eliminació d'humitat, NH_3 , H_2S , siloxans,...
- Enriquiment/*upgrading*: Separació del CO_2

■ Syngas → H_2 , biometà o CH_4 sintètic

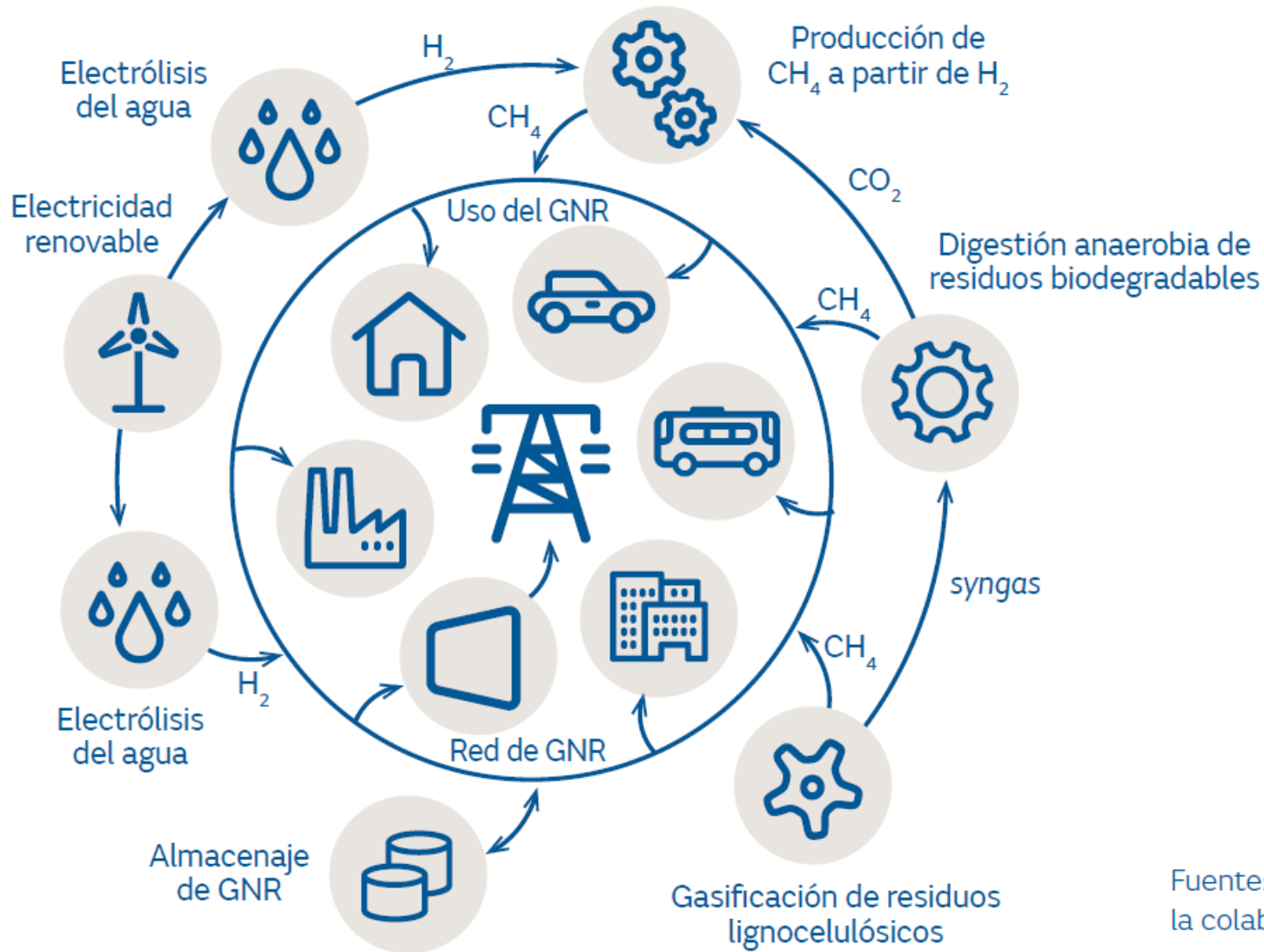
- Enriquiment de *syngas* en H_2
 - Reformat d'hidrocarburs a CO i H_2
 - Transformació de CO i H_2O a CO_2 i H_2
 - Neteja de quitrans
 - Separació de CO_2
- Enriquiment de *syngas* a CH_4
 - Neteja/acondionat del *syngas*
 - Mètode catalític: reacció de Sabatier
 $\text{CO}_{(2)} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 - Mètode biològic: metanogènesi hidrogenotròfica:

■ Hidrogen → biometà o CH_4 sintètic

- Mètode catalític: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- Mètode biològic: metanogènesi hidrogenotròfica



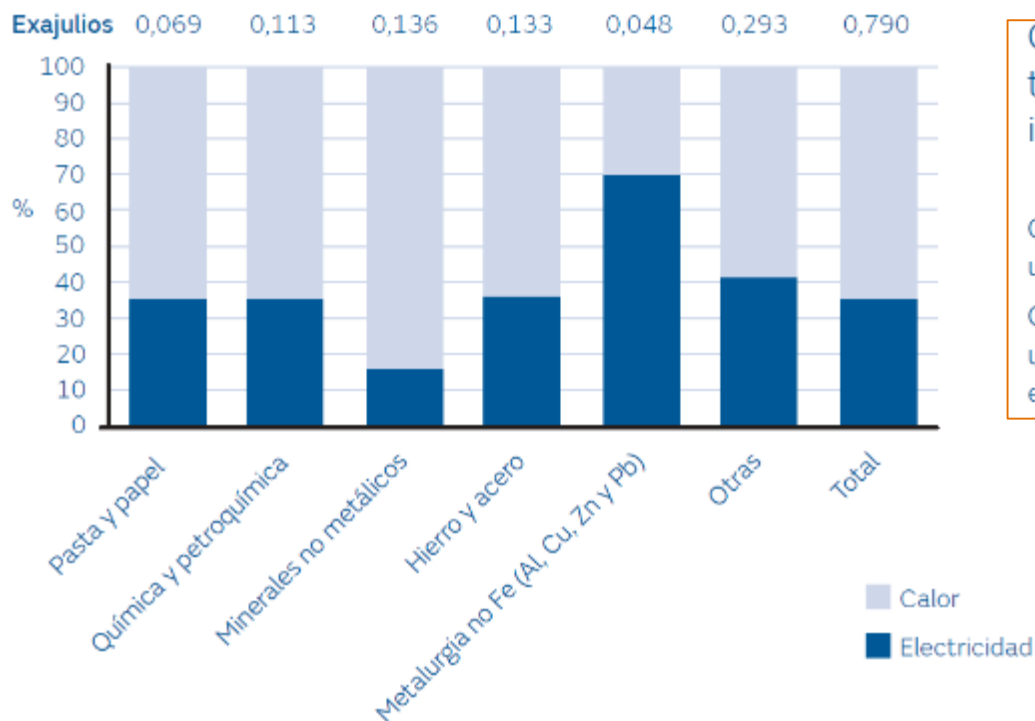
4. Usos dels gasos renovables



Fuente: elaboración propia con la colaboración de Pere Flotats.

Integració dels gasos renovables en la xarxa de gas natural renovable (GNR)

4. Usos dels gasos renovables



Consumo de energía final térmica y eléctrica en la industria española, 2016.

Cinco sectores suponen el 63 % del uso final de energía en la industria.

Consumo total: 0,79 EJ, de los cuales unos 0,28 EJ (35 %) en forma de electricidad.

~ 2/3 de las emisiones de GEH de la industria europea son debidas a usos térmicos

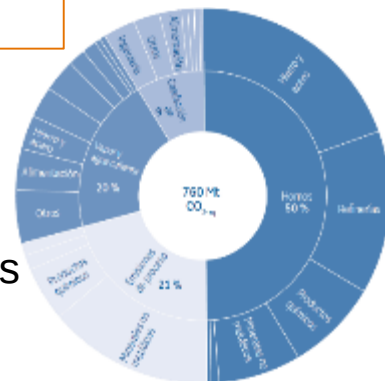
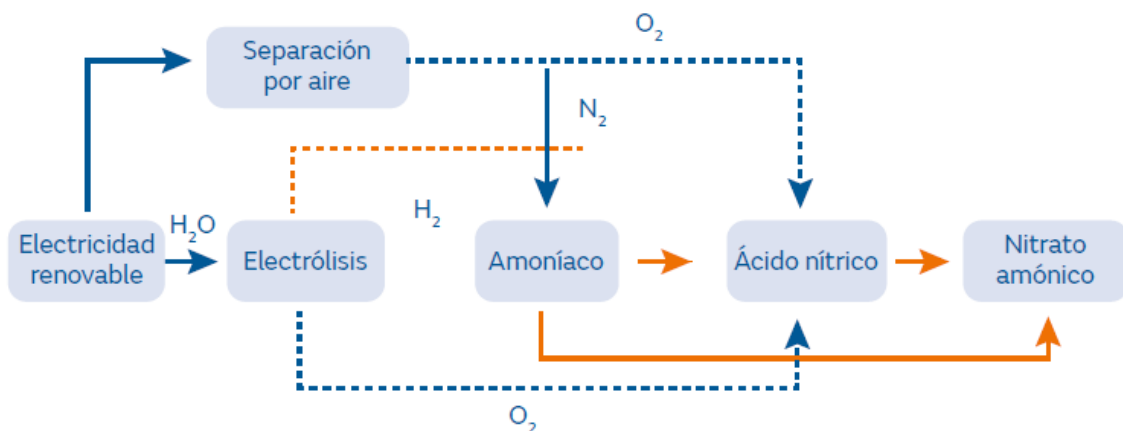


Figura 61

Producción de fertilizantes nitrogenados a partir de aire, agua y electricidad renovable..

Fuente: Fertilizers Europe (2018)¹²⁴.



5. Injecció dels gasos renovables a la xarxa de gas



Esquema simplificat de les infraestructures de connexió de GR a la xarxa de gas

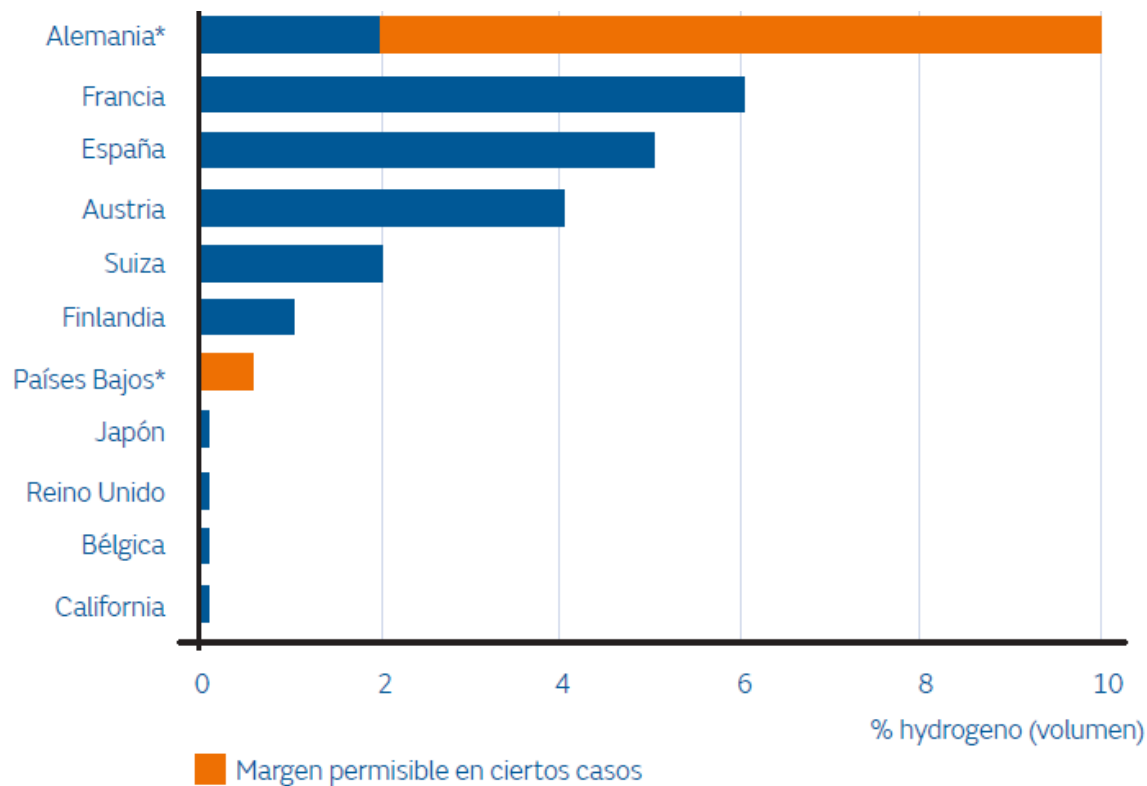
Instalación y equipos	Alemania	Francia	Reino Unido	Holanda
Odorización del GR	O	O	O	P
Control de calidad del GR	O	O	P	P
Compresión del GR	O	P	P	P
Medición calibrada del GR inyectado	O	O	P	P
Canalización hasta la red (y conexión)	O	AL	O	P

Estructura de propietat de les infraestructures de connexió

P: productor de gas renovable / O: operador de red / AL: administración local.

Per aquests països es descriu el repartiment dels costos d'inversió i operació entre productors, operadors o administració local

5. Injecció dels gasos renovables a la xarxa de gas



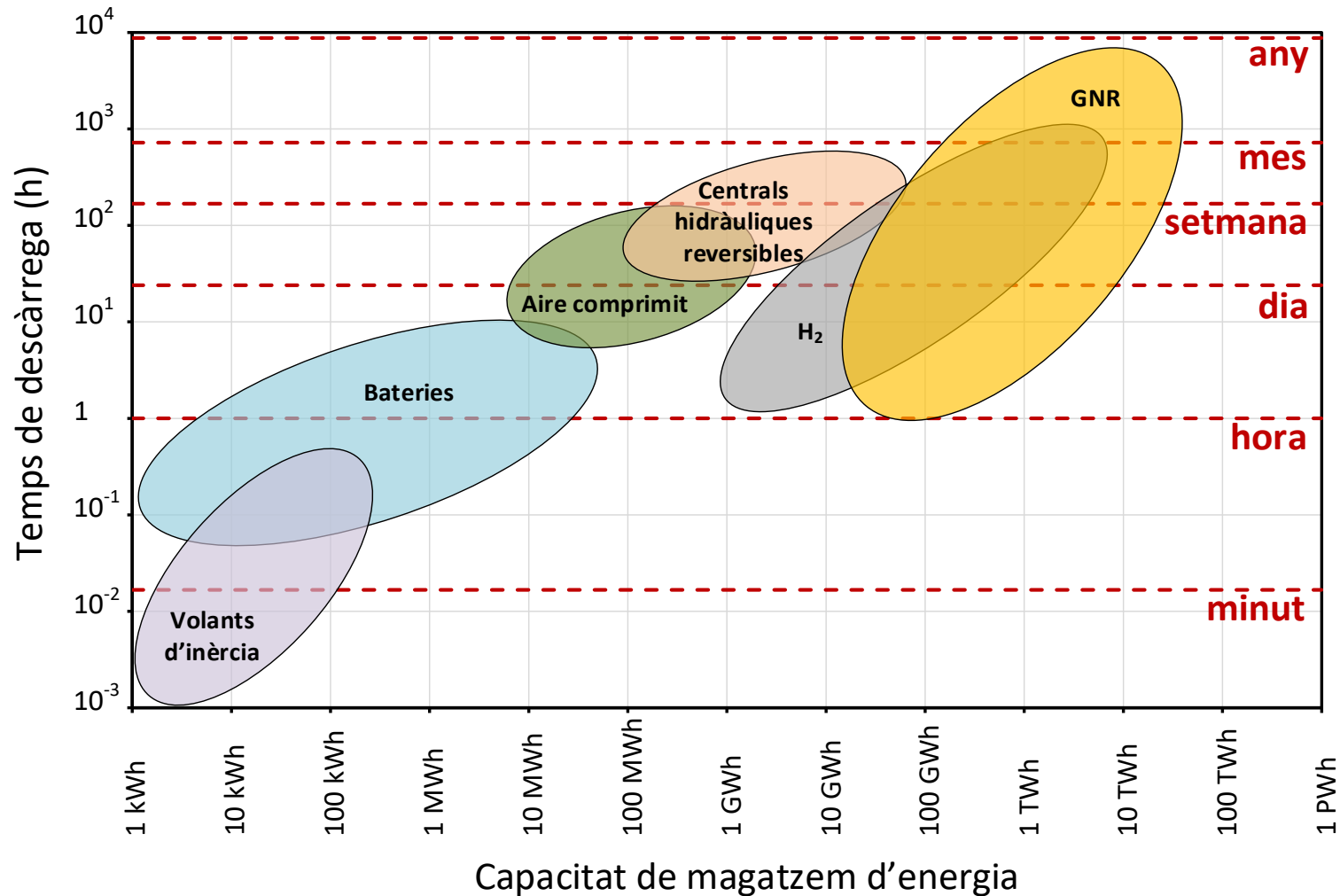
Límites normativos de la inyección de hidrógeno en la red de gas.

* Límite más alto en Alemania si no hay gasineras conectadas a la red; límite más alto en Holanda para gas de alto poder calorífico.

Fuente: IEA (2019)¹⁴⁰.

5. Injecció dels gasos renovables a la xarxa de gas

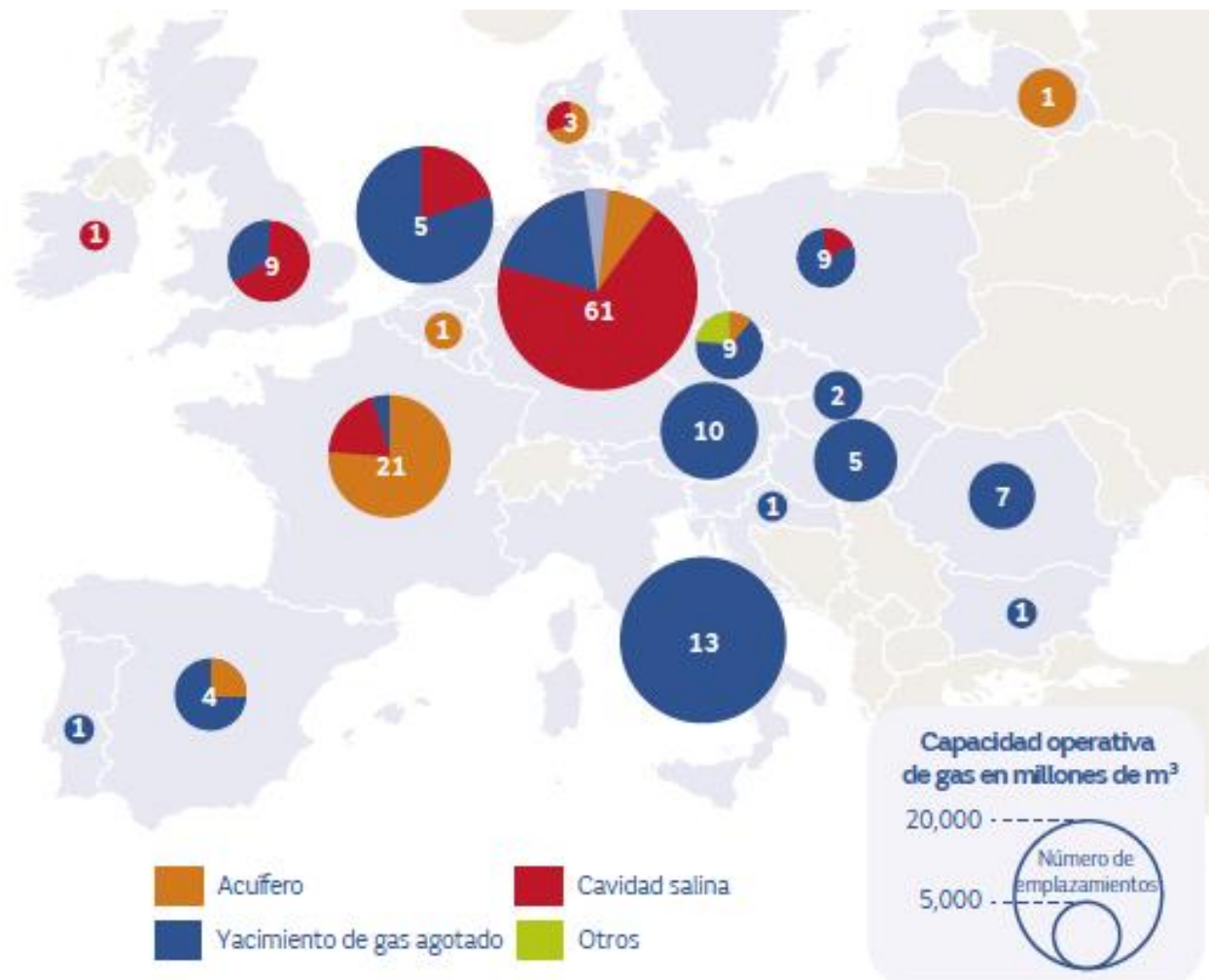
Capacitats de magatzem d'energia i temps de descàrrega per diverses tecnologies



A través de P2G és possible la integració de xarxes elèctrica i de gas, dotant al sistema energètic de flexibilitat

5. Injecció dels gasos renovables a la xarxa de gas

Capacitat de magatzem de gas a Europa: una “superbateria”



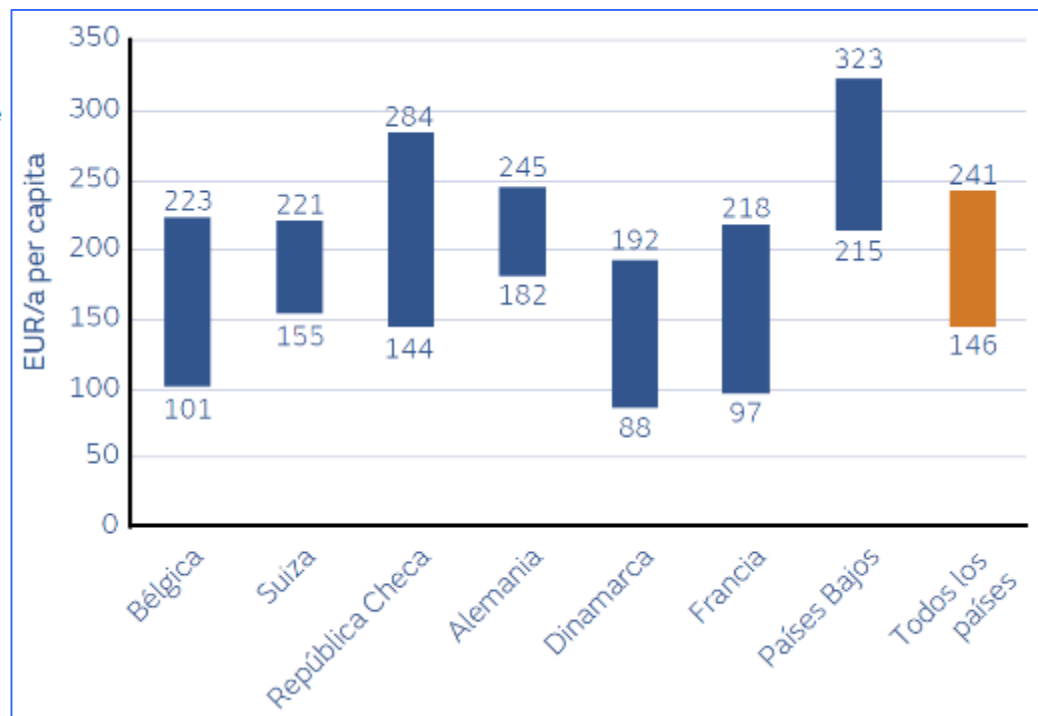
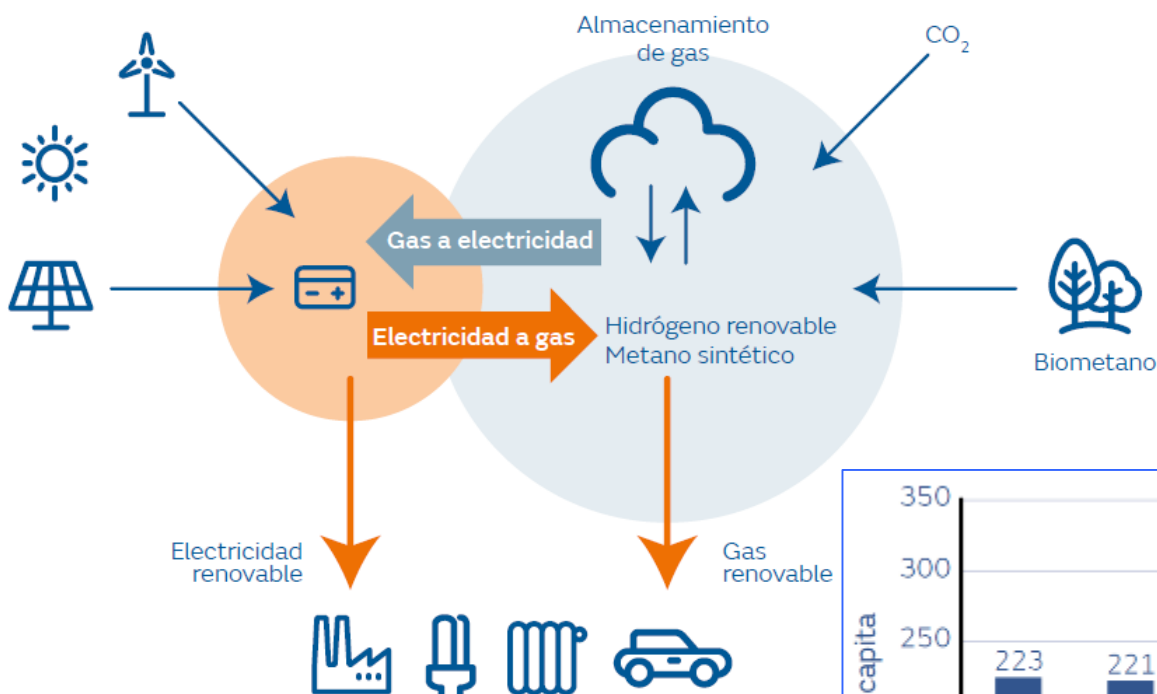
- Capacitat total = 1.100 TWh,
- ~ 1 any de l'energia elèctrica renovable a Europa
- ~ 1/3 del total d'energia elèctrica anual generada



Capacitat de magatzem a Espanya: 32 TWh

5. Injecció dels gasos renovables a la xarxa de gas

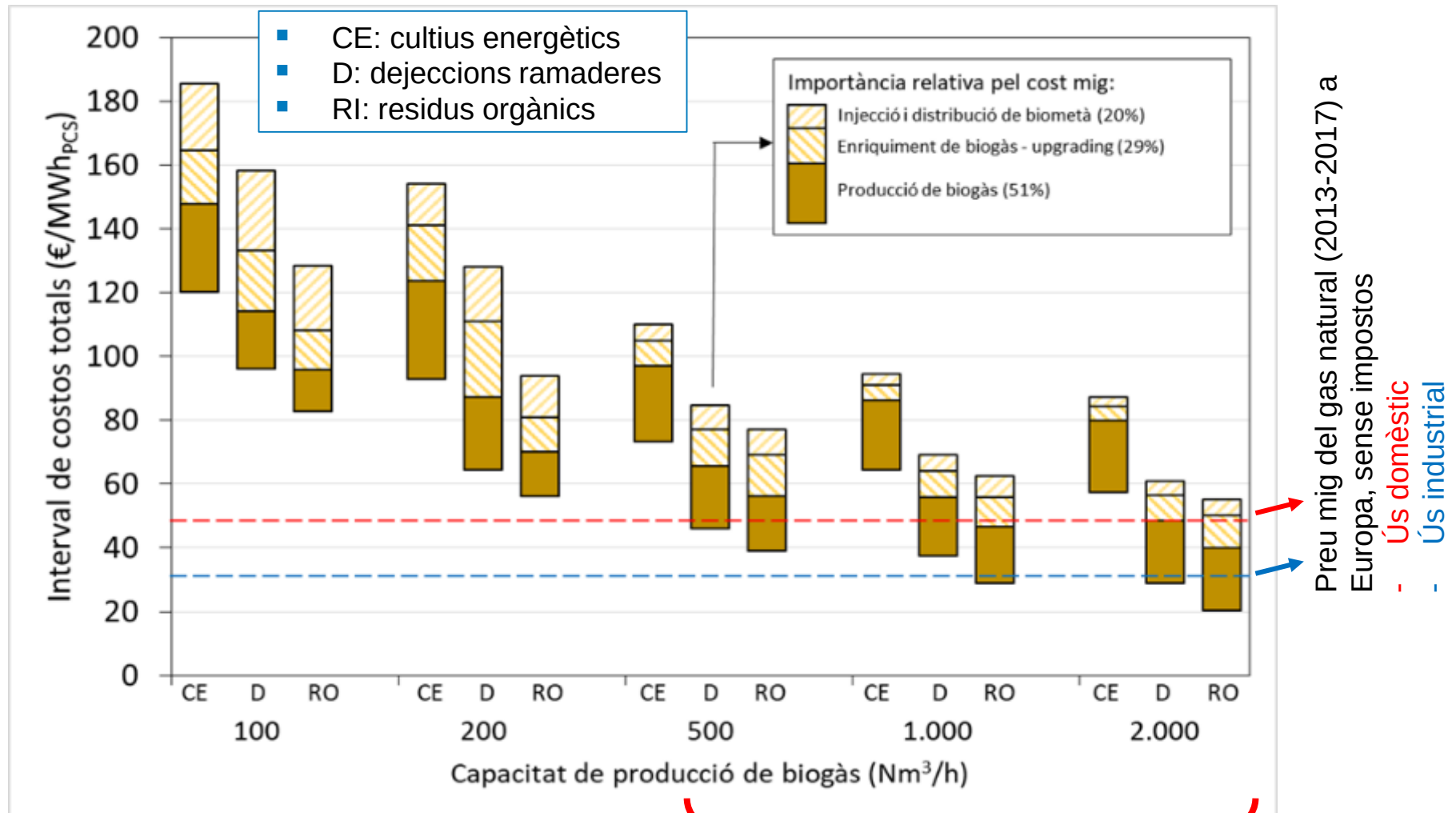
Cap a la integració electricitat-gas en un futur descarbonitzat?



Estimació de l'estalvi de costos mercès a la integració de sistemes elèctrics i de gas renovable al 2050 (€/hab./a) [No voler-ho electrificar tot]. Font: *Frontier economics* (2019)

6. Anàlisi econòmica de la producció de gas renovable

Costos de producció de biometà (sense considerar gestió digerit)



Incerteses sobre el cost de producció

- ¿Transport matèria primera?
- ¿Cost gestió del digerit?

6. Anàlisi econòmica de la producció de gas renovable

Costos de producció de metà de *syngas* i d'hidrogen

	Producción de gas de síntesis	Producción de metano bruto	Producción de metano	Total
Tecnologías principales	Gasificación	Metanación	Upgrading	
Biomasa*	40-60	30-40	10-15	90-110
CDR**	10-20	30-40	10-15	50-70

* Precio: 50 €/t (30 % humedad) ** Precio: - 40 €/t (> 200.000 t/a)

** Combustible derivado de residuos. Por la heterogeneidad del CDR, su gasificación es más compleja que la de biomasa y requiere un mayor avance tecnológico.

Figura 83B

Coste de la producción de metano mediante gasificación (€/MWhPCI).

Fuente: elaboración propia a partir de Fundación Naturgy (2018) y Engie (2017)¹⁵⁷.

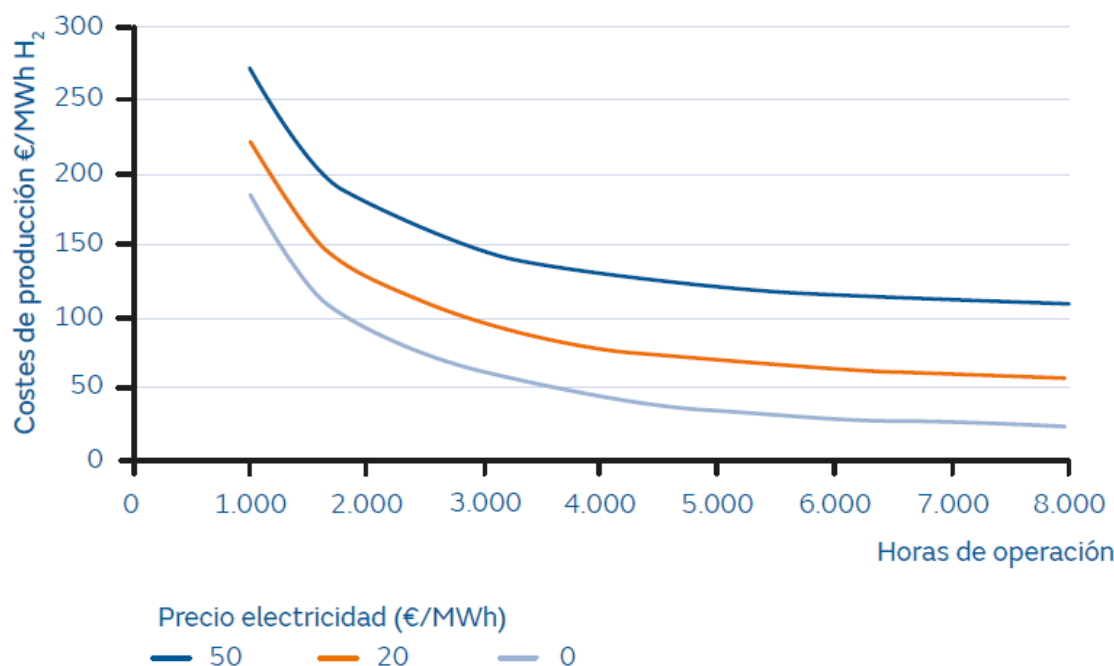


Figura 85

Incidencia del precio de la electricidad y el factor de carga del electrolizador en el coste de producción de hidrógeno.

Fuente: Gas Natural Fenosa (2016)¹⁶¹.

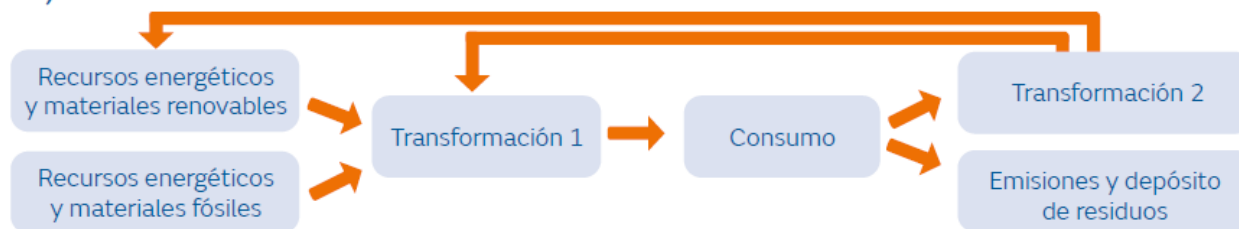
Necessitat de tendir a una economia circular, i a un canvi d'indicators

Modelos de economía lineal (a) y economía circular (c), y modelo de transición de una a otra (b).

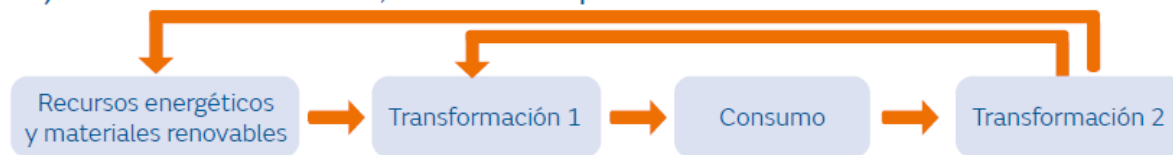
a) Modelo de economía lineal, sistema abierto



b) Modelo de transición



c) Modelo de economía circular, sistema cerrado para los materiales

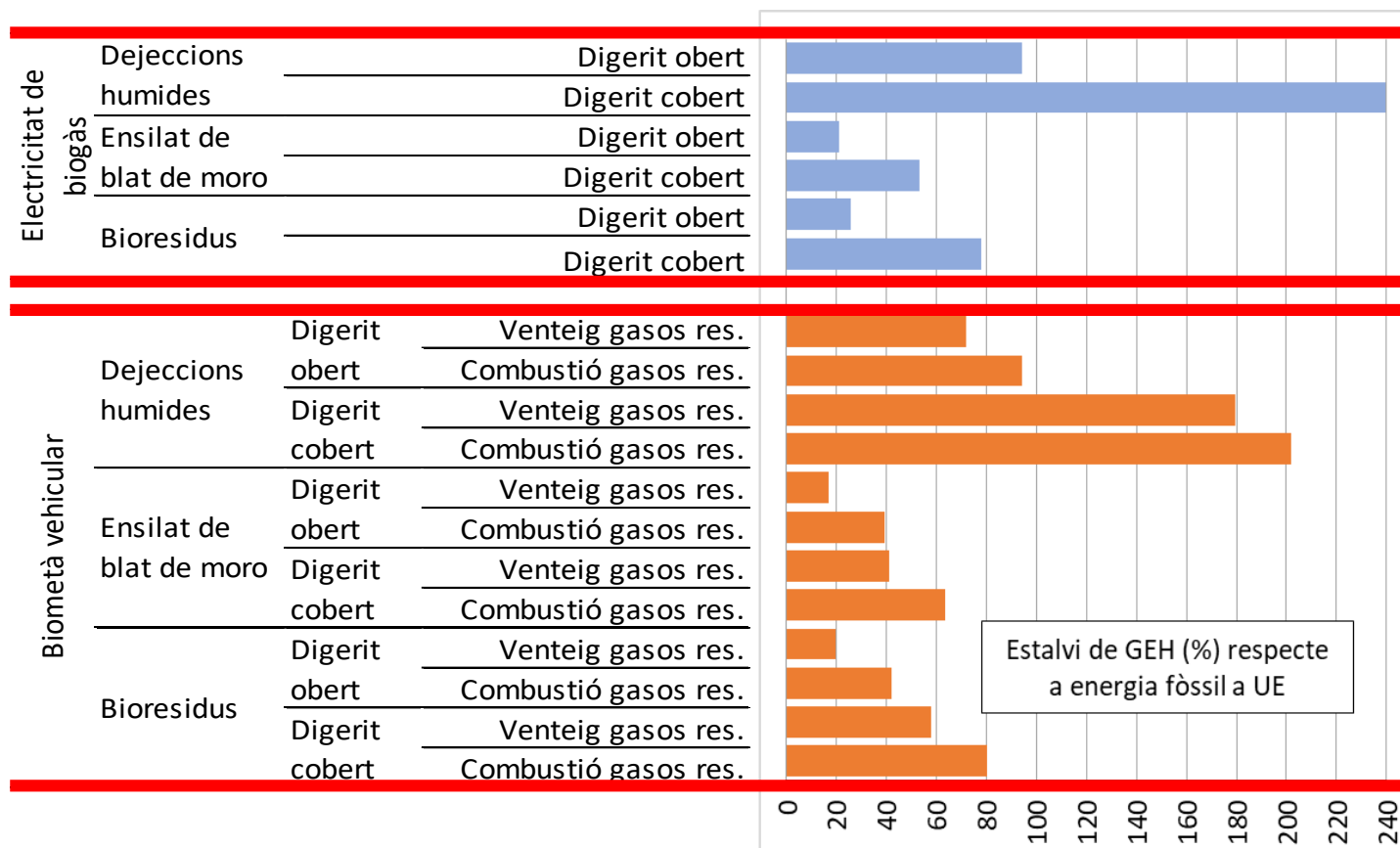


Emissió a l'atmosfera de 775 kt CH₄ al 2017 a Espanya, per gestió de residus i subproductes orgànics

- Canvi a un model del què no tenim experiència: probabilitat elevada d'errades
- Calen eines àgils per revisar decisions prèvies i reorientar
- Cal modificar la nomenclatura i els indicadors
 - Canviar “tractar residus” per “produir” o “processar”
 - Canviar tones de residus “eliminats” per tones de productes obtinguts, per tones de fertilitzants minerals substituïts, per tones de petroli estalviat, per tones de CO₂ evitades, per tones de matèria orgànica reciclada, per tones de matèries primeres posades en el mercat, ...

7. Reptes ambientals

Reducció de gasos d'efecte hivernacle (GEH)



Estalvi relatiu de GEH comparat amb el **mix elèctric europeu** (183 g CO₂ eq/MJ_{el}) o **combustible per vehicles** (94 g CO₂ eq/MJ).

Resumen de valores de emisiones GEI por parte de las tres tecnologías de producción de gas renovable.

	Intervalo de emisiones	Ahorro respecto gas natural, uso vehicular	Ahorro respecto gas natural, producción calor	Ahorro por bcm
	g CO ₂ eq/kWh	%	%	Mt CO ₂ eq/bcm
Biogás – digestión anaerobia				
Deyecciones ganaderas	-360 – 79	72 – 202	69 – 238	2,1 – 7,2
Ensilado de maíz	108 – 263	17 – 63	-1 – 58	-0,03 – 1,8
Residuos orgánicos	50 – 256	20 – 80	2 – 81	0,06 – 2,5
Gas de síntesis (biomasa local)	91 – 123	64 – 73	53 – 65	1,6 – 2
Gas de electricidad	28 – 195	42 – 92	25 – 89	0,8 – 2,7

La Directiva Europea d'Energies Renovables, UE-2018/2001 (11 desembre 2018), indica que els estalvis de GEH respecte de combustibles fòssils han de ser superiors al 80 % per instal·lacions noves a partir de 2021 i del 85 % a partir de 2026 per a ser elegibles per a fons públics. Sols les dejeccions o mescles d'aquestes amb altres substrats ho permeten.

8. El gas renovable a la Unió Europea

> 18.200 plantes de biogàs a Europa al 2020



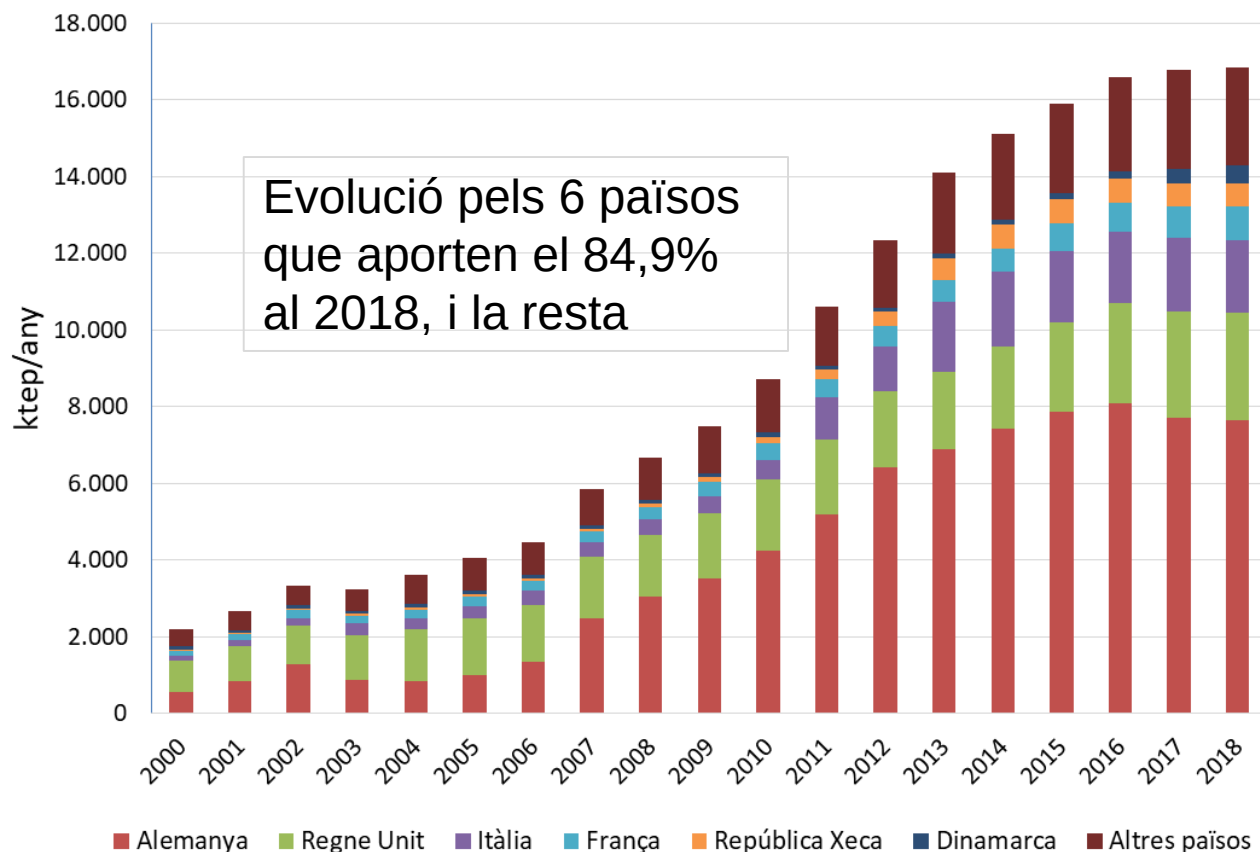
Objectiu EBA (Associació Europea del Biogàs) 2050: injecció de 1.170 TWh/any de biometà a la xarxa europea de gas

729 punts d'injecció de biometà a la xarxa de gas natural a Europa (juny 2020)

8. El gas renovable a la Unió Europea

**195,4 TWh producció energia primària biogàs
(3,1 TWh a Espanya) al 2018**

Producció de biogàs a la Unió Europea (energia primària)



Objectius fixats per alguns països:

Dinamarca:

- 100% gas renovable a la xarxa de GN al 2040

França:

- 90 TWh biogàs al 2030
- 60 TWh biometà al 2028
- 100% gas renovable a la xarxa de gas al 2050

Itàlia:

- 80 TWh biogàs al 2030

Irlanda:

- 12 TWh de gas renovable a la xarxa (20% consum gas) al 2030

Suècia:

- 15 TWh biogàs al 2030
- Transport lliure de comb. fòssils al 2050

8. El gas renovable a la Unió Europea

Com s'ho fan? Exemple de França

■ Objectiu:

- gas 100% renovable circulant per la xarxa de gas al 2050
- Estalvi de 63 Mt CO₂ eq/any al 2050 amb l'ús de GNR
- Objectiu addicional: desenvolupament rural

■ Mètodes:

- Reduir el 34 – 45% la demanda de gas respecte 2015
- Substituir per 276 – 361 TWh/any de gasos renovables:
 - Biometà de biogàs: 100 – 128 TWh/any
 - Biometà de gas de síntesis de materials llenyosos: 31 – 138 TWh/any
 - Biometà de gas de síntesis de CDR: 9 TWh/any
 - H₂ i CH₄ d'H₂ (P2G): 85 – 135 TWh/any

Remunerar el biometà injectat d'acord amb els costos de producció estimats.

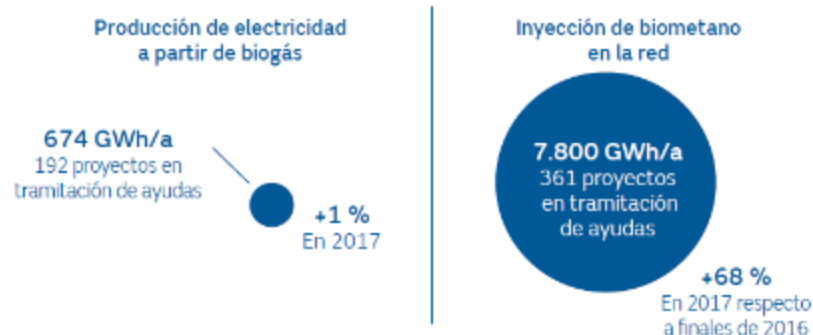
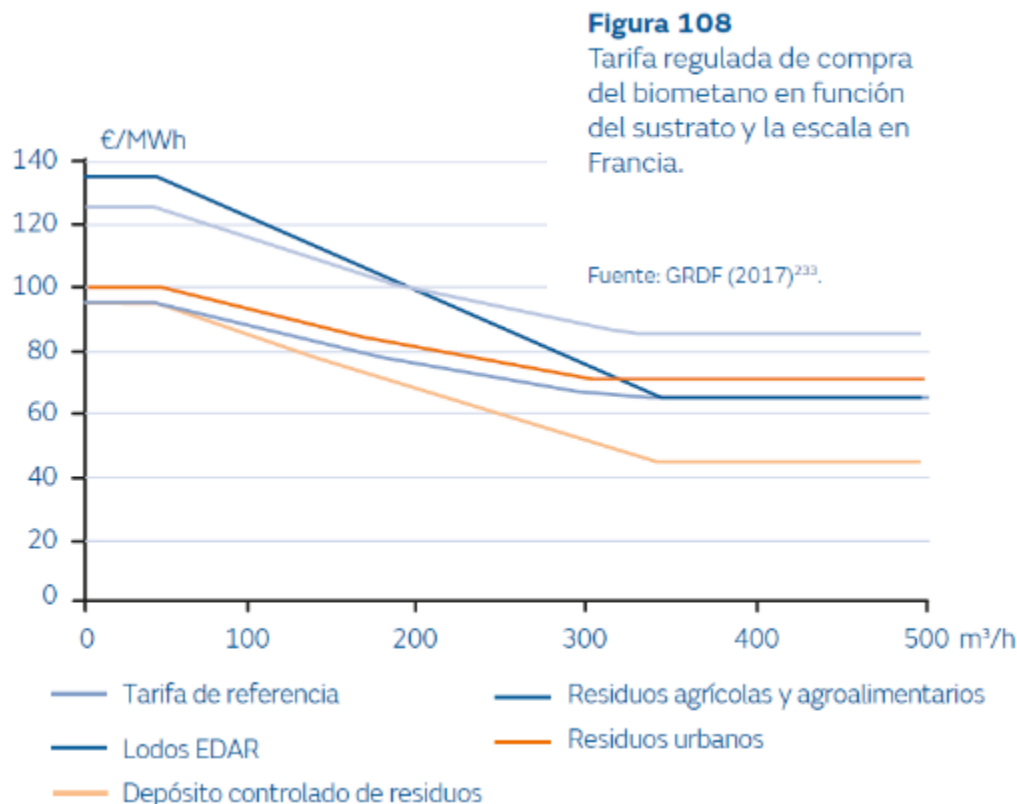
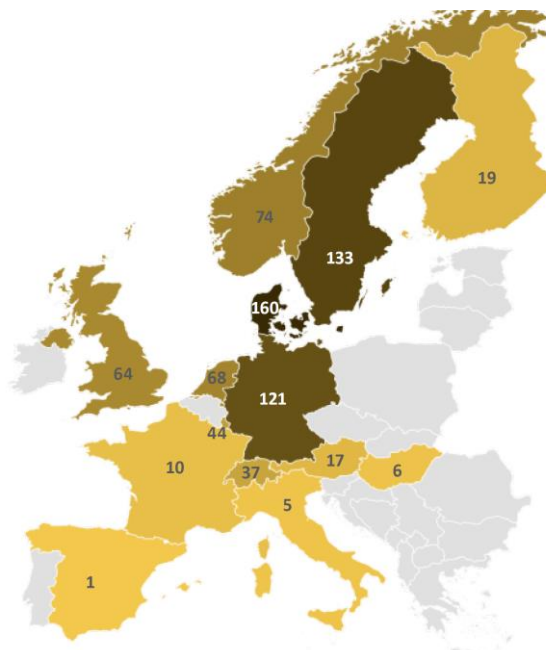
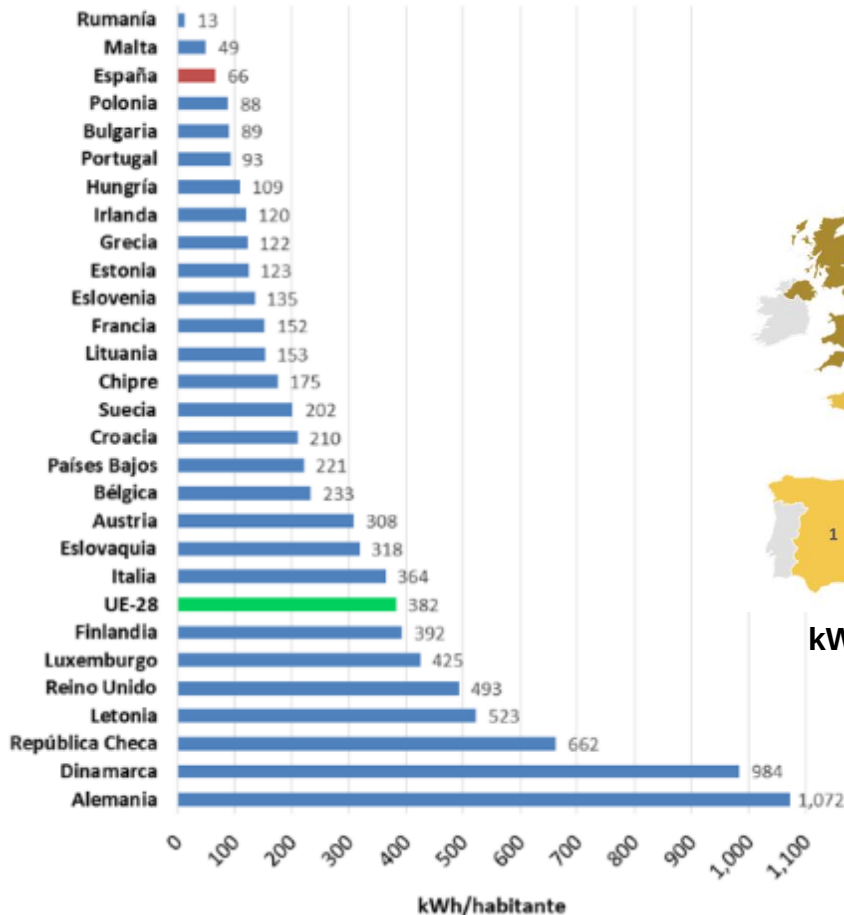


Figura 109
Crecimiento de la inyección de biometano a la red en Francia.

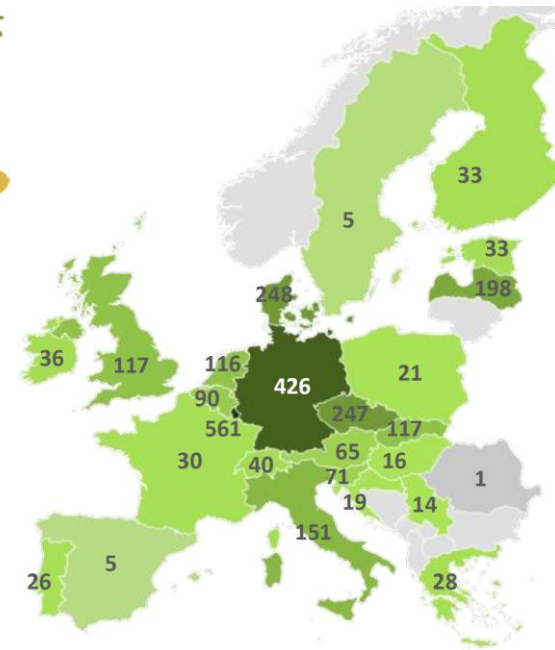
8. El gas renovable a la Unió Europea

Grau de desenvolupament

Biogàs: Producció energia primària (2018)



kWh biometano/habitante·año
(2016)



kWh_e/habitante·año
(2016)

- Polítiques amb capacitat de promoure el biogàs: les coordenades i integrades en 4 eixos simultàniament:
 - Lluita contra el canvi climàtic
 - Autosuficiència energètica
 - Gestió de residus
 - Desenvolupament regional/rural

9. La situació a Espanya

- Cibrian (1960): “Una fuente de energía que actualmente no se aprovecha en nuestro país y que puede contribuir a mejorar el nivel de vida de la población rural, es el gas que puede producir el estiércol al fermentar, antes de ser incorporado al terreno” [Boletín INIA, 20: 319-327, 1960]
- IRYDA (1980). Línia de préstecs i ajuts per a plantes de biogàs al sector agropecuari [RD 2454/1980 de 24 Octubre]
- 25 plantes de biogàs en granges construïdes en el període 1980/83. Al 1991 tan sols 2 operatives



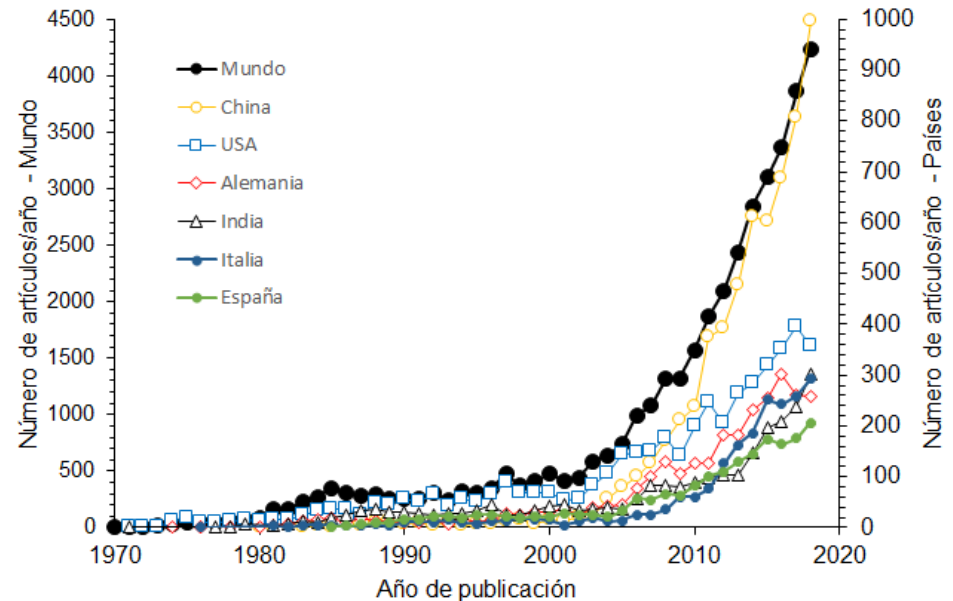
CIDA Hidroquímica, Mas Badia, Caldes de Montbui, 1983- ~1997



TApS, Mas El Cros, Santa Pau, 1983-2003

9. La situació a Espanya

- 1980/83: Construcció de plantes pilot lligades a grups de recerca. Creació de línies I+D+I en un bon nombre de centres, que han crescut i estan ben posicionats a nivell mundial



Univ. Autònoma de Barcelona.
Seminari digestió anaeròbia, juny 1982

Congreso Mundial Digestión Anaerobia, Santiago de Compostela, 2013
(800 delegados, 54 países)



9. La situació a Espanya

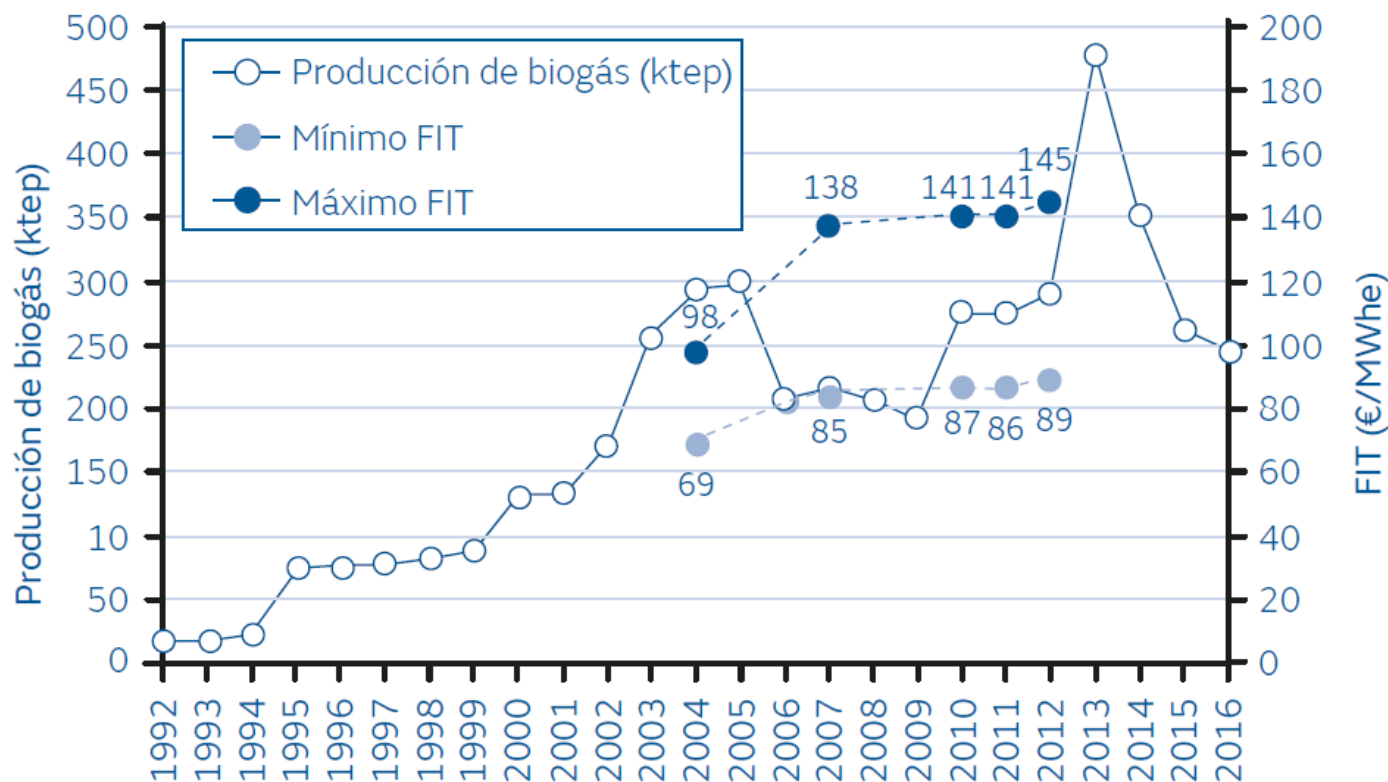


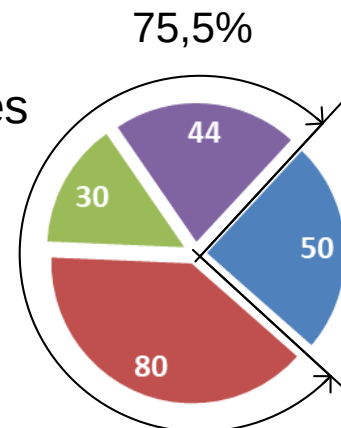
Figura 117

Evolución de la producción de biogás y de las tarifas reguladas (Feed-in-tariff, FiT) o tarifas reguladas con prima (Feed-in-Premium, FiP) en España.



Número de instalaciones en España (2017):

- Agro-industrial
- Lodos depuradora
- Vertederos
- Otros (residuos municipales)



9. La situació a Espanya

Potencials de producció

	Potencial energètic màxim		Potencial energètic disponible	
	TWh/año	bcm/año	TWh/año	bcm/año
Digestión anaerobia	35,8 – 53,3	3,06 – 4,56	20,11 – 34,46	1,72 - 2,95
Gasificación	121	10,3	27,97 – 38,22	2,39 – 3,27
De electricidad a gas	45 – 53,7	3,85 – 4,59	13,46 – 23,07	1,15 – 1,97
TOTAL	201,8 - 228	17,21 – 19,45	61,54 – 95,75	5,26 – 8,19

Un *estudi de la UE de 2020* indica que a Espanya es podrien superar 120 TWh/any de biometà (biogàs) adoptant cultius energètics

25% - 65% demanda gas natural

	Ahorro emisiones GEI, potencial máximo	Ahorro emisiones GEI, potencial disponible
	Mt CO ₂ eq/año	Mt CO ₂ eq/año
Digestión anaerobia	10,6 – 12,6	6 – 8,1
Gasificación	18,5	4,3 – 5,9
De electricidad a gas	6,7 – 8	2 – 3,4
TOTAL	35,9 – 39,1	12,3 – 17,5

Absorción de CO₂ por parte de toda la superficie forestal de España al 2017:

34,2 Mt CO₂ eq/año



10. Barreres al desenvolupament dels GR

■ Administratives

- No hi ha planificació ni s'han establerts objectius de producció o consum de GR
- La regulació del sector del GR és incompleta
- Normativa deficient de la fertilització amb digerits de la digestió anaeròbia

■ Socioeconòmiques i de mercat

- En termes de mercat, el GR encara no són competitius, però podrien ser-ho tenint en compte tots els seus beneficis ambientals
- L'accés a substrats orgànics en quantitat, qualitat i cost no és simple. Cal molt treball de camp
- El coneixement i acceptació pública de la cadena de valor dels GR son insuficients

■ Tècniques

- La injecció distribuïda de GR podria superar en molts punts la capacitat de la xarxa
- No arriba sempre la xarxa de gas allí on es pot produir més GR
- Algunes tecnologies de producció de GR no estan suficientment consolidades

6 casos pràctics de producció de biometà



Butarque (Madrid)
Fangs depuradora
5 GWh/a
Xarxa i ús vehicular



Lamballe (França)
Purins+fangs
40 GWh/a
Xarxa



Bens (A Coruña)
Fangs
5,5 GWh/a
Ús vehicular



Viborg (Dinamarca)
Purins+ensitjat+residus
73 GWh/a
Xarxa



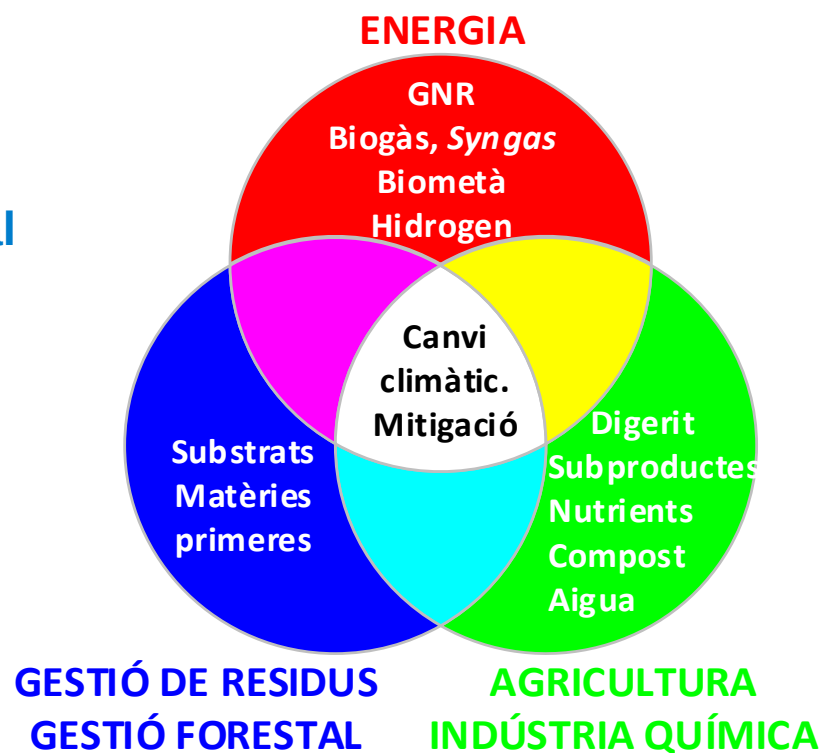
Vila-sana (Lleida)
Purins+residus org.
10 GWh/a
Ús vehicular



Valdemingómez (Madrid)
FORM
100 GWh/a
Xarxa

Conclusions i propostes

- El grau de desenvolupament a Espanya del gasos renovables no es correspon amb el seu potencial
- Existeix tecnologia, capacitat de desenvolupament i potencial
- De la mateixa manera que en altres països de l'entorn europeu, son necessàries polítiques decidides i coordinades en els àmbits de:
 - **La autosuficiència energètica**
 - **Lluita contra l'escalfament global**
 - **La gestió dels residus**
 - **El desenvolupament rural/regional**



- **Els GR i les infraestructures gasistes aporten flexibilitat per a descarbonització energètica eficient**
 - Emmagatzemar, transportar i distribuir GR de forma massiva
 - Satisfer demandes d'energia final difícils d'electrificar
 - Impulsar sinergies amb l'economia circular i el desenvolupament rural
- **Tendència cap a la integració de tecnologies, xarxes i mercats energètics**
 - Les solucions combinades gas-electricitat permeten la descarbonització i la seguretat de subministra amb un cost inferior a les solucions d'electrificació generalitzada
- **Les tecnologies implicades en la cadena de valor dels GR s'han d'escalar per avançar en el procés d'aprenentatge. Anem amb molt retard en relació a l'electricitat renovable i a altres països de la UE**
 - Estudiar l'adaptació de la xarxa de gas per transportar/distribuir cabals creixents d'hidrogen
 - Cal el suport i acompanyament de les administracions públiques
- **El marc regulatori dels GR requereix un desenvolupament específic**
 - Garanties d'origen,..., incentivació econòmica
- **L'expansió dels GR no admet més retard**
 - Els actors del sistema energètic han d'elaborar una visió a llarg termini, amb objectius a curt i mig termini i habilitació de recursos per a fer-los possibles

Els autors desitgem que aquest llibre sigui una eina que contribueixi a la reflexió, al debat i a la presa de decisions.

Agraïm a la Fundació Naturgy l'encàrrec il·lusionant que va representar aquest llibre, i tot l'esforç i facilitats que han posat per a la seva edició



Los gases renovables. Un vector energético emergente

La introducción masiva de los gases renovables en España podría llegar a reducir más del 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero previstas para 2030. Para lograrlo, son necesarias políticas decididas para el uso e implantación de este nuevo vector energético. Estas son algunas de las principales conclusiones del nuevo libro publicado por Fundación Naturgy, "Los gases renovables. Un vector energético emergente".

Para ver el **vídeo resumen**:



Ver video resumen en 2' 

Para ver el **Webinar completo**:



**Alvaro Feliu
Xavier Flotats**