

**Estratègia
catalana
del digestat
i pla d'acció**

**2024
2030**

Digestat



**Generalitat
de Catalunya**

**Grup de treball de digestat
de la Generalitat de Catalunya.**

Departament d'Agricultura, Ramaderia,
Pesca i Alimentació

Digestat



**Generalitat
de Catalunya**

Edició Desembre 2024 **Edita** Direcció General d'Agricultura i Ramaderia

Redacció del document i coordinació tècnica

Ricard Carreras i Jordi Pous – Centre Tecnològic BETA (Universitat de Vic)

Neus Ferrete, Josep M. Virgili, Joan Parera i Carlos Malla - Direcció General
d'Agricultura i Ramaderia

Francesc Giró i Meri Pous – Agència de Residus de Catalunya

Disseny editorial i maquetació

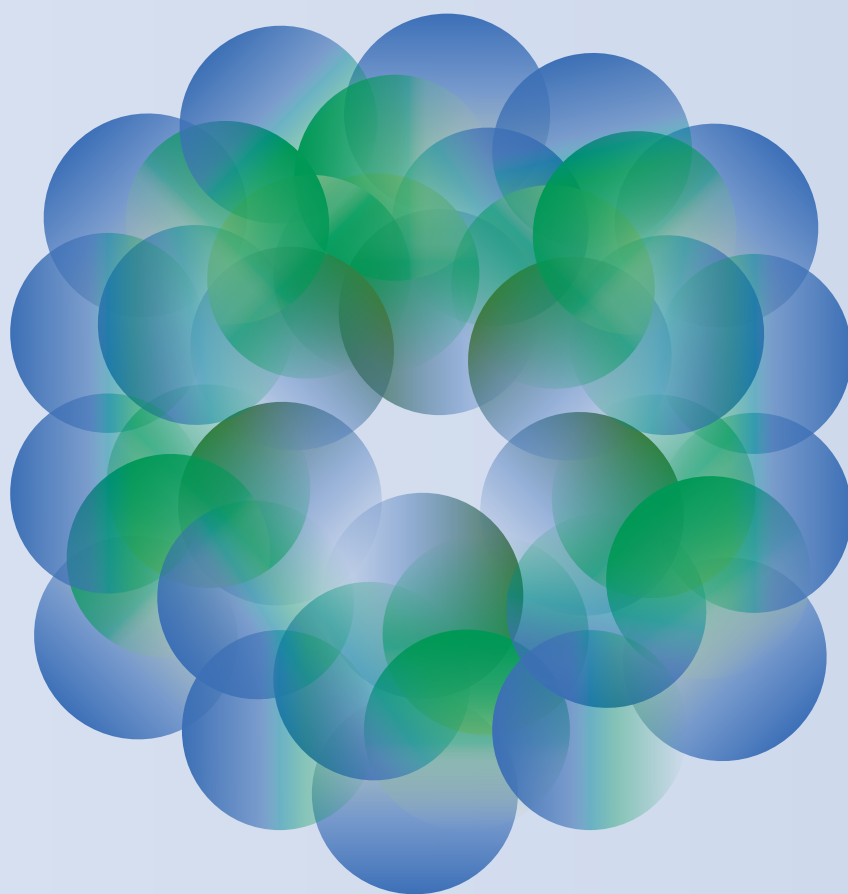
Oxygen_ 2024© www.oxygen.es



Aquesta obra està subjecta a una llicència Reconeixement - No Comercial - Sense Obres Derivades 3.0 de Creative Commons. Se'n permet la còpia, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi la font (Institut Català d'Energia) i l'ús concret no inclogui finalitat comercial. S'ha d'informar sobre les condicions sota les que aquest treball pot ser distribuït o comunicat. Tampoc no se'n poden fer obres derivades.

Estratègia catalana del digestat i pla d'acció

2024
2030



Índex

Preàmbul i justificació de l'Estratègia	12
BLOC I: Finalitat, abast i objectius	16
Finalitat	18
Abast	20
Objectius	20
BLOC II: Context de la gestió del digestat i el seu potencial de valorització en el marc de la bioeconomia circular a Catalunya	22
1. Definició i característiques generals del digestat	24
1.1. Efecte de la digestió anaeròbia en els materials digerits	26
1.2. Principals característiques dels digestats	27
1.3. Tipologia dels principals materials d'entrada i efecte en el digestat	29
1.4. Principals impureses i substàncies indesitjables	34
1.5. Caracterització dels principals usos i aplicacions del digestat en l'actualitat	35
2. Cadena de valor actual del digestat al territori	39
2.1. Aplicació directa a camp amb criteris agronòmics	39
2.2. Fabricació i comercialització com a producte de fertilitzant	42
2.3. Indicadors del potencial de recuperació de nutrients i aigua dels digestats a Catalunya	43
3. Situació actual de la fertilització i l'ús d'aigua a Catalunya	45
3.1. Cultius, hectàrees cultivades, distribució al territori	45
3.2. Estat de la fertilització	47
3.3. Ús de l'aigua	49

4. Estratègies d'emmagatzematge i tractament del digestat	50
4.1. Mitigació d'emissions en sistemes d'emmagatzematge de digestat	51
4.2. Tecnologies de tractament del digestat	52
4.2.1. Tecnologies de separació sòlid-líquid	53
4.2.2. Tecnologies d'assecatge i estabilització de fraccions sòlides de digestat	54
4.2.3. Tecnologies de tractament de fraccions líquides de digestat	55
4.3. Anàlisi tecnològica (escalat, aplicabilitat, costos energètics) i econòmica (cost d'inversió i costos d'operació vs. beneficis) de les tecnologies de tractament del digestat	58
5. Bio-productes obtinguts a partir del digestat i estratègies de valorització	59
5.1. Digestat sec	59
5.2. Compost	60
5.3. Productes obtinguts per tecnologies de transformació termoquímiques	61
5.4. Combustibles	61
5.5. Altres productes de valor afegit	62
5.6. Fertilitzants líquids	62
5.6.1 Producte concentrat ric en nutrients	62
5.6.2. Sulfat amònic líquid	63
5.6.3. Estruvita	63
5.6.4. Característiques dels materials fertilitzants obtinguts de la fracció líquida del digestat	63
5.7. Productes organominerals	64
5.8. Aigua recuperada	65

6. Marc polític i legislatiu referent al digestat i la seva gestió	66
6.1. Legislació del digestat a nivell europeu, espanyol i català	67
6.1.1. Legislació per aplicació directa a camp amb criteris agronòmics	67
6.1.2. Legislació aplicable a la valorització i comercialització dels derivats de digestat com a producte fertilitzant	69
6.1.2.1. Comercialització de productes fertilitzants segons el Reglament (UE) 2019/1009	71
6.1.2.2. Comercialització de productes fertilitzants segons el Reial decret 506/2013	73
6.1.2.3. Comercialització de productes fertilitzants segons el Reglament 2019/515	74
6.1.3. Ús en producció agrícola ecològica	74
6.1.4. Legislació que regula l'ús de l'aigua recuperada a partir de digestat	75
6.1.4.1. Reglament (UE) 2020/741	76
6.1.4.2. Reial Decret 1620/2007	76
6.1.4.3. Reial decret llei 4/2023	77
6.1.4.4. Normativa catalana d'aigua recuperada	77
6.1.5. Resum de les normatives i plans esmentats	78
6.2. Tràmits administratius per a l'obtenció del permís ambiental i per a la gestió del digestat a Catalunya	80
6.2.5. Tràmits per l'aplicació directa a camp amb criteris agronòmics	82
6.2.6. Tràmits per la comercialització de productes fertilitzants	82
 BLOC III: Barreres, oportunitats, mesures i actuacions	 86
Recull de barreres i mesures	88
Accions	103
 BLOC IV: Governança	 128
Bibliografia	133

Acrònims

Acrònim	Descripció
ACA	Agència Catalana de l'Aigua
ARC	Agència de Residus de Catalunya
BD	Barreres
CCAA	Comunitats autònomes
CFP	Categoria funcional de producte
CMC	Categoria de materials components
CRC	Catàleg de residus de Catalunya
CRM	Critical Raw Material
DARPA	Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació
DBO5	Demanda biològica d'oxigen en 5 dies
DGAR	Direcció General d'Agricultura i Ramaderia
DGDR	Direcció General de Desenvolupament Rural
DoC	Declaració de conformitat
DQO	Demanda química d'oxigen
DT	Documentació tècnica
DUN	Declaració única agrària
EBC	Estratègia de bioeconomia de Catalunya
EC	Economia circular
EDAR	Estació depuradora d'aigües residuals
EFSA	European Food Safety Authority
EGTOP	Expert Group for Technical Advice on Organic Production
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
FA	Fitxa d'acceptació
FCR	Fi de condició de residus
FL	Fracció líquida
FORM	Fracció orgànica de residus municipals (recollida selectivament)
FPR	Fertilizer Product Regulation (Reglament (UE) 2019/1009)
FS	Fracció sòlida
FS	Fitxa de seguiment
GEH	Gasos amb efecte d'hivernacle

Acrònim	Descripció
GPS	Global Position Situation
JRC	Joint Research Centre
LER	Llista europea de residus
MAPA	Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació
MD	Mesures
MF	Microfiltració
MITERD	Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic
MTD	Millors tècniques disponibles
NANDO	New Approach Notified and Designated Organisations
NDN	Nitrificació-desnitrificació
NF	Nanofiltració
NMP	Nombre més probable
NT	Norma tècnica
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OCCC	Oficina Catalana de Canvi Climàtic
OI	Osmosi inversa
PAC	Política agrària comuna
PFCF	Punt final de cadena de producció
PINECCAT	Pla integrat d'energia i clima de Catalunya
PNIEC	Plan nacional integrado de energía y clima
PROENCAT	Prospectiva energètica de Catalunya
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RENURE	REcovered Nitrogen from manURE
SANDACH	Subproductes d'origen animal no destinats a consum humà
SIGPAC	Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles
UE	Unió Europea
UF	Ultrafiltració
ZV	Zones Vulnerables

Preàmbul i justificació de l'Estratègia



Actualment el sector del biogàs està en auge a Catalunya, a Europa i al món. Ja fa anys que es coneix la caducitat del model energètic basat en l'ús generalitzat dels combustibles fòssils. I la necessitat i l'interès per establir, tard o d'hora, un sistema de producció d'energia sostenible a partir de recursos renovables són palesos. En aquest sentit, la producció de biogàs provinent de subproductes i residus orgànics ha esdevingut una opció per a la producció d'energia renovable, alhora que millora la gestió dels residus orgànics reduint la seva petjada de carboni. La tecnologia és coneguda des de fa anys. Però per a la seva penetració al territori i al sector empresarial es necessita un marc polític, legal i empresarial que l'incentivi i l'impulsi.

Actualment, els efectes del canvi climàtic cada vegada més patents, l'augment del preu dels combustibles fòssils i el context geopolític existent, fan créixer l'interès i la necessitat del desenvolupament d'aquest sector a Catalunya.

Aquest interès creixent es veu reflectit en els diferents plans polítics a nivell europeu, espanyol i català. El REPowerUE, la Red II, el Full de ruta del biogàs, l'Estratègia catalana del biogàs 2024-2030 i Pla d'Acció i el PROENCAT 2030, entre altres, en són un bon exemple. Cada una d'aquestes estratègies i/o plans estableixen objectius diversos. Fent referència al Pla REPowerUE, un dels plans més ambiciosos, es marca l'objectiu de generar fins a 35 bilions de m³ de biometà anuals el 2030, deu vegades més que la producció actual. Actualment a Catalunya existeix un nombre relativament baix de plantes de biogàs però els projectes per al futur proper es compten per desenes. Per assegurar un desenvolupament sostenible d'aquest sector a Catalunya, la Generalitat de Catalunya ha desenvolupat l'Estratègia catalana del biogàs i pla d'acció 2024-2030. Aquesta estratègia posa el focus en els aspectes tècnics, socials i econòmics de la producció del biogàs, des dels recursos d'entrada fins a la producció i venda de l'energia produïda. També determina els objectius establerts pel Govern de Catalunya i els reptes i les oportunitats que es plantegen, així com les mesures necessàries per donar-hi resposta.

El digestat, juntament amb el biogàs, són els productes resultants del procés de digestió anaeròbia de residus orgànics. Aquesta Estratègia vol ressaltar que el digestat i/o els productes que se'n deriven tenen un alt valor agronòmic i ambiental i és d'interès generar-ne productes fertilitzants amb valor afegit, els quals hauran de disposar d'un marc regulador i administratiu adequat. El digestat pot tenir un elevat valor gràcies al seu contingut en nutrients com el nitrogen, el fòsfor, el potassi i micronutrients (Cu, Zn, Fe, etc.), així com un elevat contingut en matèria orgànica i aigua. Ara bé, una qualitat inadequada de les matèries primeres i/o un ús inadequat d'aquest digestat pot desapropiar-ne el valor agronòmic i, fins i tot, pot arribar a ser perjudicial per al medi ambient.

L'existència de diversos projectes i iniciatives d'instal·lacions de plantes de digestió anaeròbia fa preveure un creixement molt important de la generació de digestat que caldrà gestionar adequadament.

És per aquest motiu que un dels principals reptes que es planteja aquesta Estratègia és assegurar una gestió sostenible del digestat generat, que minimitzi els potencials impactes ambientals i socials, i al mateix temps creï oportunitats per generar noves cadenes de valor en base a bioproductes, principalment biofertilitzants, potenciant així la bioeconomia circular d'aquest sector a Catalunya. Aquí és on entra la necessitat de generar aquesta Estratègia catalana del digestat i pla d'acció 2024-2030, plasmada en el present document.

Aquesta necessitat per assegurar una gestió adequada del digestat és especialment palesa en zones amb una alta generació de residus orgànics. A Catalunya hi ha territoris on existeix una elevada pressió mediambiental per la gestió de residus i materials orgànics que s'hi generen, especialment a causa de l'elevada producció de dejeccions ramaderes. Tal com s'indica a l'Estratègia catalana del biogàs, l'origen i naturalesa dels residus i subproductes orgànics són diversos i, a banda de les dejeccions ramaderes, també s'hi poden trobar, entre d'altres, fangs de depuradores d'aigües residuals (tant urbanes com industrials), residus orgànics procedents de recollida selectiva dels residus municipals (bioresidus), subproductes i residus orgànics d'indústries agroalimentàries, residus orgànics agraris i forestals, etc. Ja hi ha una part d'aquests materials que es tracten mitjançant digestió anaeròbia, com per exemple una quantitat important dels bioresidus d'origen municipal i els fangs de les EDAR urbanes. La necessitat de fer viables les plantes de biogàs passa necessàriament per garantir que la gestió del digestat sigui viable tant ambientalment i agronòmicament com des d'un punt de vista econòmic i social.

Cal destacar el valor afegit intrínsec del digestat. Com s'ha comentat, aquest té un elevat contingut en nutrients, així com d'altres components que poden ser valoritzats. Aquest fet situa la gestió del digestat com un punt clau per a la sostenibilitat ambiental i econòmica del sector del biogàs, i posa èmfasi en la promoció de la bioeconomia circular del sistema productiu català. Aquesta gestió adequada pot generar, entre d'altres, fertilitzants orgànics d'alta qualitat, que contribuiran a mantenir i millorar la qualitat dels sòls i la seva fertilitat i, indirectament, a una major seguretat alimentària de Catalunya i a reduir la dependència de països tercers, a banda de generar alguns subproductes aprofitables en diferents indústries i sectors. D'una banda, la producció d'aquests fertilitzants permetria una millor eficiència de fertilització i una reducció de les pèrdues de nutrients (que poden afectar diversos vectors ambientals) i, de l'altra, el valor afegit d'aquests productes en permetria una exportació a altres territoris deficitaris, reduint d'aquesta manera la pressió ambiental a les zones vulnerables per nitrats.

Per poder portar a terme la gestió i/o valorització adequada del digestat, cal aplicar tecnologies de tractament (que poden ser consolidades o bé innovadores) a les plantes presents i futures, desenvolupar nous models de negoci, complementar cadenes de valor o desenvolupar-ne de noves, treballar en infraestructures i estratègies logístiques i conscienciar i informar la societat (especialment els usuaris finals: agricultors, majoritàriament) dels beneficis que els pot comportar l'ús de biofertilitzants. Aquestes consideracions porten a introduir el concepte de factoria de bioproductes. Una actoria de bioproductes consideraria la producció no només de biogàs, sinó també la d'altres bioproductes (com per exemple, i de forma majorità-

ria, biofertilitzants i bioestimulants) i podria permetre també la recuperació d'aigua, cosa que faria incrementar el valor afegit a la producció de biogàs i diversificaria el negoci d'una planta de biogàs. És important destacar que un aspecte beneficiós d'una gestió adequada del digestat és el potencial de recuperació d'una aigua de qualitat, especialment d'interès en un escenari de sequera creixent i persistent al territori on l'estalvi i recuperació d'aigua esdevé una estratègia fonamental en qualsevol activitat econòmica.

L'objectiu principal d'aquesta Estratègia catalana del digestat i pla d'acció és posar a disposició de la societat catalana el coneixement, les eines i les estratègies que permetin una adequada gestió i/o valorització del digestat (considerant també el potencial futur de producció), la recuperació de recursos de valor afegit i, per tant, contribuir positivament a la implementació de l'Estratègia catalana del biogàs de la manera més sostenible possible. Així mateix, ha de permetre promoure i impulsar la bioeconomia circular del sector del biogàs, afegint valor als altres bioproductes generats i vetllant per la protecció del medi ambient i la sostenibilitat del territori català, així com assegurant el benestar de la societat.

BLOC I

**Finalitat,
abast
i objectius**

Finalitat

La finalitat d'aquesta Estratègia és vetllar per a una gestió òptima del digestat a Catalunya, per tal d'assegurar un desenvolupament sostenible del sector del biogàs al territori.

La producció de biogàs a partir de residus orgànics ha estat identificada per la Generalitat de Catalunya com una estratègia de país. Per aquest motiu, el Govern va aprovar l'Estratègia catalana del biogàs i el seu Pla d'acció 2024-2030 (Acord GOV/121/2024). En ella es destaca la triple oportunitat que ofereix la digestió anaeròbia a l'hora de tractar residus orgànics: processar adequadament els recursos orgànics, reduir les emissions causades per la seva gestió i generar energia d'origen renovable, reduint alhora les emissions per raó dels combustibles fòssils que se substitueixen.

La present Estratègia catalana del digestat pretén afegir una altra oportunitat al sector del biogàs: la generació de bioproductes de valor afegit. La digestió anaeròbia genera biogàs i digestat (un material orgànic que conté recursos com ara nutrients vegetals - N, P, K -, matèria orgànica i aigua). Una bona gestió d'aquest digestat permetrà minimitzar el possible impacte ambiental, social i econòmic d'aquest producte de la digestió anaeròbia i maximitzar l'aprofitament dels recursos que conté, amb la qual cosa s'ampliarà així la cadena de valor del tractament de residus orgànics.

En els últims anys, els projectes de plantes de biogàs pràcticament només han posat el focus en un dels dos productes que es generen, el biogàs, deixant l'altre producte, el digestat, com un residu (problema) pendent de ser gestionat. Aquesta Estratègia vol situar el digestat al mateix pla que el biogàs, com a pilar essencial a l'hora de projectar plantes de biogàs. No solament pel potencial de reducció d'impacte ambiental de les plantes de biogàs, sinó també pel potencial benefici econòmic que pot generar la seva correcta gestió. És important que les plantes de digestió anaeròbia, almenys una part important d'aquestes, es deixin de percebre com a simples plantes de biogàs i es considerin com a factories de bioproductes, les quals generen biogàs i altres productes de valor afegit.

Aquesta estratègia vol assentar les bases perquè aquests altres productes generats assegurin la major qualitat als usuaris i s'estableixi una cadena de valor i un mercat per a la seva distribució, cosa que potenciarà així la bioeconomia circular. Una de les principals estratègies de gestió sostenible del digestat és el tractament d'aquest per a la generació de productes de valor afegit fent-ne viable el transport i/o comercialització fora de zones sotmeses a una elevada pressió a causa de la generació de residus que s'hi produeixen. Els biofertilitzants obtinguts a partir del digestat se situen com uns dels productes amb major potencial.

Aquesta estratègia pretén afegir una altra oportunitat al sector del biogàs: la generació de bioproductes de valor afegit i un mercat per a la seva distribució.

Una altra finalitat d'aquesta Estratègia és dotar d'informació i coneixement els gestors de plantes de biogàs puguin dissenyar la millor estratègia de gestió del digestat per a cada cas concret. És habitual que els digestats, igual que els fangs d'EDAR urbana, s'apliquin al sòl com a esmena orgànica. Els beneficis agronòmics d'aquesta aplicació han estat reconeguts àmpliament. Tanmateix, l'estratègia de no aplicar el digestat directament a camp i tractar-lo per obtenir-ne productes de valor afegit serà especialment rellevant en territoris amb alta generació de materials orgànics, especialment en territoris amb alta producció de dejeccions ramaderes. L'objectiu principal és poder exportar l'excedent de nutrients (especialment N i P) d'aquests territoris cap a altres que en puguin ser deficitaris.

Per assolir aquests objectius, es realitza una anàlisi del context actual de la gestió del digestat a Catalunya, es presenten els potencials beneficis de la seva gestió i finalment es plantegen les mesures i accions a mitjà termini per superar les barreres que impedeixen una gestió sostenible del digestat. Es detecten i divideixen les barreres en diferents categories: legals, econòmiques, de valorització agronòmica, tecnològiques i ambientals. La finalitat d'aquesta Estratègia és assegurar un marc normatiu favorable per al desenvolupament de la valorització del digestat, establir una cadena de valor i afavorir un mercat dels productes derivats del digestat, promoure la valorització agronòmica dels digestats i la millora contínua dels processos mitjançant la generació i transferència de coneixement i el desenvolupament i incorporació de les millors tecnologies, tot assegurant la minimització de l'impacte ambiental.



Abast

Aquesta Estratègia pretén desplegar mesures que puguin tenir un impacte a curt i mitjà termini. Es marca com a objectiu l'assoliment d'aquestes mesures el 2030, considerant que algunes d'aquestes poden assolir-se amb anterioritat i en d'altres és possible que siguin necessaris alguns anys més per al seu desplegament complet.

Objectius

>>>> Objectiu estratègic

La gestió sostenible del digestat que s'obté de la digestió anaeròbia dels materials i residus orgànics produïts a Catalunya i la seva valorització mitjançant l'obtenció de productes de valor afegit, en el marc de l'Estratègia catalana del biogàs 2024-2030 i de l'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya 2030.

>>>> Objectius generals

- Definir el punt de partida i l'estat de l'art de la gestió del digestat, amb un enfocament especial al territori català.
- Detectar i enumerar els reptes i les barreres en la gestió del digestat per tal d'assegurar un desenvolupament sostenible del sector del biogàs a Catalunya.
- Proposar mesures per tal de fer front als reptes i a les barreres detectades que es despleguin durant als propers anys i fins el 2030.

>>>> Objectius específics

- Reduir l'impacte ambiental que pot generar la gestió dels residus i subproductes orgànics al territori.
- Crear nous models de negocis basats en el tractament i la valorització del digestat i dels productes que se'n derivin.
- Promoure la professionalització i el coneixement en referència a la gestió del digestat de tots els actors rellevants de la cadena de valor d'aquest.
- Promoure un marc normatiu que faciliti la valorització del digestat i dels seus derivats.
- Disminuir el cost d'inversió i d'operació de les tecnologies de tractament del digestat.
- Desenvolupar i innovar en noves tecnologies de tractament del digestat.

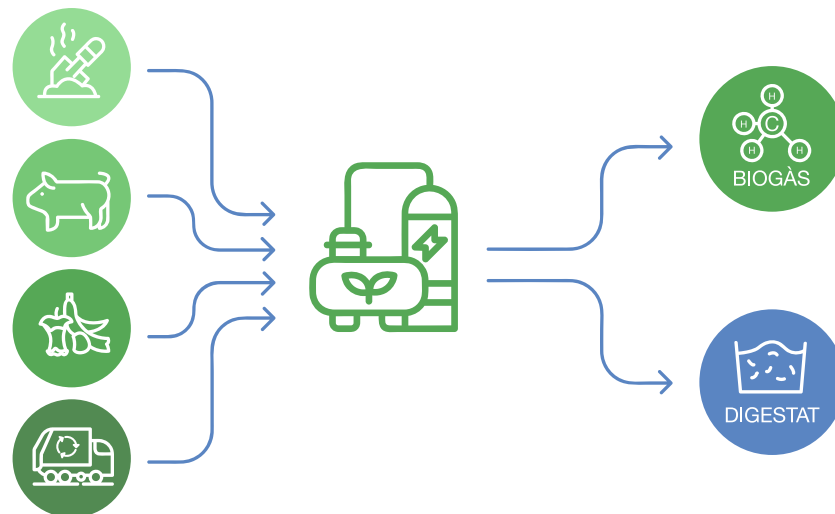
BLOC II

Context de la gestió del digestat i el seu potencial de valorització en el marc de la bioeconomia circular a Catalunya

1. Definició i característiques generals del digestat

La digestió anaeròbia és un procés biològic en què la matèria orgànica biodegradable es degrada o descompon parcialment en absència d'oxigen mitjançant microorganismes específics donant lloc a biogàs i digestat. El biogàs es compon principalment de metà i diòxid de carboni, cosa que en permet l'aprofitament energètic. El procés també produeix un material orgànic anomenat digestat. El digestat té un alt contingut en aigua, així com un contingut rellevant en matèria orgànica i nutrients. Per aquest motiu, el seu ús més habitual és l'aplicació als sòls agrícoles, per tal d'augmentar el rendiment dels cultius i millorar la qualitat dels sòls.

Diagrama d'un procés de digestió anaeròbia (imatge de la Guia Biogàs Impulsa't).



La bibliografia científica recull diferents definicions del digestat. Fa una dècada, Möller (2012) va començar a definir els digestats com una barreja complexa d'aigua i multitud de substàncies orgàniques i inorgàniques particulades, suspeses i dissoltes, inclosos nutrients, matèria orgànica no descomposta i contaminants. Avui dia, el digestat es presenta com un subproducte estabilitzat del procés de fermentació (Miodusk et al., 2023). També ha estat definit com un material estable i desinfectat (Lyons et al., 2021), considerant-lo un condicionador orgànic del sòl (Pappalardo et al., 2019). De manera similar, Andlar et al. (2021) van definir el digestat com un residu de la producció del biogàs que conté diferents macro i micronutrients i que pot ser utilitzat com a fertilitzant al sòl gràcies a la seva bona relació C/N, la seva homogeneïtat, la seva disponibilitat de nutrients i la seva insignificant olor. Tot i això, altres definicions com la de Wang et al. (2020) consi-

deren el digestat com un flux de residu que conté alts nivells de matèria orgànica i inorgànica, més que un condicionador del sòl, i que per tant, necessita un tractament exhaustiu abans de la seva aplicació al medi.

A nivell legislatiu europeu, el digestat es defineix com un residu segons la Llista europea de residus recollida a la Decisió de la Comissió de 3 de maig de 2000. A continuació es llisten els codis que hi fan referència:

LER 190603. Licors del tractament anaerobi de residus municipals.

LER 190604. Llots de gestió del tractament anaerobi de residus municipals.

LER 190605. Licors del tractament anaerobi de residus animals i vegetals.

LER 190606. Llots de gestió del tractament anaerobi de residus animals i vegetals.

LER 190699. Residus no especificats en cap altra categoria.

El 2013, el Joint Research Centre (JRC) de la Comissió Europea va publicar l'estudi *End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals* on es recullen els criteris que, segons aquest centre, s'haurien d'establir a la normativa europea per determinar la fi de la condició de residu del digestat. Recollint en part les conclusions de l'estudi anterior, el nou Reglament sobre productes fertilitzants, el Reglament (UE) 2019/1009, estableix els criteris segons els quals el digestat pot deixar de ser considerat un residu si forma part d'un producte fertilitzant UE.

D'altra banda, el Reglament (UE) 2019/1691, relatiu al registre, l'avaluació, l'autorització i la restricció de les substàncies i barreges químiques (REACH), defineix el digestat com un material residual semisòlid o líquid que ha estat sanejat i estabilitzat mitjançant un procés de tractament biològic l'última etapa del qual és una etapa de digestió anaeròbia i en què els materials que hi intervenen són biodegradables i procedeixen exclusivament de materials separats d'una font no perillosa, com els residus alimentaris, els fems i els cultius energètics. No obstant, el digestat queda fora del registre REACH.

A partir de les definicions anteriors es proposa la següent definició:

El digestat és un material orgànic, semisòlid o líquid, resultant de la digestió anaeròbia. Es considera un material parcialment o totalment estabilitzat i higienitzat (depenent de la configuració del procés) amb un alt contingut en aigua i ric en matèria orgànica i en nutrients. Aquestes característiques fan que es pugui utilitzar com un adob orgànic o com una matèria primera per a la fabricació de fertilitzants.

1.1. Efecte de la digestió anaeròbia en els materials digerits

La digestió anaeròbia millora la qualitat fertilitzant de les dejeccions ramaderes i altres residus orgànics. Té un efecte d'estabilització parcial o completa de la matèria orgànica, que implica que la matèria orgànica romanent és menys biodegradable, la qual cosa fa que generi menys emissions de metà i males olors comparat amb els materials d'entrada, i contribueix a la formació d'humus quan s'aplica al sòl. El pH del digestat és superior al pH dels materials digerits. La concentració de nitrogen amoniacal després de la digestió també és més alta que la del material d'entrada al digestor. La mineralització dels nutrients, procés bioquímic en el qual els nutrients presents en la matèria orgànica es transformen en formes inorgàniques, millora la disponibilitat del nitrogen per a les plantes, però també incrementa la volatilització d'amoníac, i per tant, les possibles emissions d'aquest gas a l'atmosfera. En conseqüència, el digestat, un cop produït, hauria d'emmagatzemar-se en instal·lacions cobertes o controlant el seu pH, i en la mesura del possible, s'hauria d'aplicar al sòl en el menor període de temps i utilitzant la via d'injecció, per prevenir l'excés d'emissions d'amoníac. Tot i això, la velocitat d'infiltració del digestat al sòl comparat amb una dejecció líquida disminueix el risc d'excés de volatilització d'amoníac si s'aplica d'acord amb les millors tècniques disponibles.

Adicionalment, el digestat és més homogeni que els materials no digerits, cosa que en millora les característiques fertilitzants. També es produeix una reducció significativa de les substàncies odoríferes (àcids orgànics, compostos fenòlics i altres compostos orgànics volàtils), la qual cosa pot evitar molèsties.

El fet de sotmetre els materials orgànics a una temperatura controlada (mesòfila o termòfila) durant un període de temps provoca una eliminació o reducció dels microorganismes patògens i paràsits animals, i una inactivació total o parcial d'ous i larves d'insectes o llavors de males herbes (Johansen et al., 2013). La higienització completa només s'assegura amb un compostatge posterior del digestat o amb un pre o post-tractament tèrmic. En tots els casos, la determinació de la qualitat del digestat ha de ser una etapa fonamental dins el cicle de la seva valorització com a biofertilitzant.

Característiques dels materials orgànics abans i després de ser digerits

Característiques dels materials abans de la digestió	Característiques del material digestat
Poc estables	Més estables
Heterogeneïtat en la seva composició	Composició física i química més homogènia
Presència de patògens i llavors de males herbes	Reducció de patògens i llavors de males herbes
Alt contingut en nitrogen orgànic	Alt contingut en nitrogen amoniacal (més volàtil)

Aspectes rellevants del digestat de dejeccions ramaderes que cal considerar en la seva aplicació a camp

Aspectes importants per als agricultors com a usuaris finals del digestat	Reducció de les molèsties per olors
	Increment de la homogeneïtzació del fertilitzant
	Reducció de patògens, llavors de males herbes i paràsits
	Reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle
	Reducció d'emissions d'amoniac per la major infiltració al sòl
	Augment del valor de fertilització (més amoni assimilable)

Font: The value of manure and digestate as fertilizer. Manure and digestates meeting Webinar, REMO 24.03.2022. SEGES

1.2. Principals característiques dels digestats

Tal com s'ha comentat, el digestat és una font valuosa de nutrients i matèria orgànica. Els nutrients estan parcialment mineralitzats en diverses formes i, en part, units a compostos orgànics. Això significa que l'alliberament de nutrients del digestat difereix dels fertilitzants minerals. Per tant, la seva aplicació i gestió han de ser estudiades i considerades de manera específica per aconseguir alts rendiments en ser utilitzat com a fertilitzant o esmena orgànica.

La quantitat de digestat produït sol representar entre el 70 i el 90% del pes del material d'entrada (Fuchs & Drosch, 2013; Bamelis et al., 2015). Les característiques del digestat estan, en bona part, determinades pels tipus de matèries primeres utilitzades, així com pel tipus i durada del procés biològic (mesòfil/termòfil, temps de retenció, etc.). És evident, doncs, que per obtenir un digestat d'alta qualitat seran necessàries matèries primeres de la millor qualitat. El contingut total de sòlids i de matèria orgànica és un aspecte important del digestat, ja que aquests paràmetres són crucials per millorar les característiques del sòl. També són importants les concentracions d'elements minerals (principalment el nitrogen, el fòsfor i el potassi) que poden ser molt beneficioses per als cultius, però potencialment perjudicials per al medi ambient si no s'apliquen de la forma correcta. Així com la concentració d'altres elements com els metalls pesants o contaminants emergents (ex. microplàstics, antibiòtics, etc.), que també poden condicionar la qualitat del producte final.

A causa de l'àmplia gamma de matèries primeres, hi ha grans diferènci-

es pel que fa a les característiques i les dades disponibles sobre la composició dels diferents tipus de digestats. Reuland et al. (2021) van recopilar un conjunt de dades que contenen 180 punts d'entrada de característiques de composició del digestat (no separat i fracció líquida) a partir de 41 articles científics. Es van compilar els paràmetres següents: matèria seca, pH, matèria orgànica, carboni orgànic total, nitrogen total, amoni, òxid de fòsfor, òxid de potassi, coure i zinc. Cal destacar que en ser un recull de diferents instal·lacions de digestió anaeròbia, els valors màxims del rang de zinc superarien el nivell permès en aplicació agrícola. Aquests valors tan elevats no es troben en digestats destinats a aplicació agrícola a Catalunya. Els resultats d'aquest estudi es mostren a la taula següent.

Propietats del digestat (no separat i fracció líquida) a partir de la revisió de 41 articles científics (Reuland et al. (2021))

Paràmetre	Valor	Unitat
Matèria seca (rang)	8 - 174	g/kg de digestat
pH (mitjana)	8	-
Matèria orgànica (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	652 $\pm$ 94	g/kg de matèria seca
TOC (carboni orgànic total) (mitjana)	340	g/kg de matèria seca
NT (nitrogen total) (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	88 $\pm$ 49	g/kg de matèria seca
NT (rang)	6 - 367	g/kg de matèria seca
NH ₄ -N (nitrogen amoniacal) (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	59 $\pm$ 40	g/kg de matèria seca
NH ₄ -N (rang)	13 y 228	g/kg de matèria seca
P ₂ O ₅ (òxid de fòsfor) (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	40 $\pm$ 28	g/kg de matèria seca
K ₂ O (òxid de potassi) (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	60 $\pm$ 35	g/kg de matèria seca
Cu (coure) (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	233 $\pm$ 368	mg/kg de matèria seca
Cu (rang)	8,6 – 1.682	mg/kg de matèria seca
Zn (zinc) (mitjana $\pm$ desviació estàndard)	751 $\pm$ 848	mg/kg de matèria seca
Zn (rang)	0,2 – 3.685	mg/kg de matèria seca

1.3. Tipologia dels principals materials d'entrada i efecte en el digestat

La composició dels materials d'entrada (principalment carboni biodegradable, nutrients, etc.) no només és important per assegurar l'èxit del procés de digestió anaeròbia, sinó que també té un gran efecte sobre les característiques del posterior material digestat. Els materials d'entrada al digestor anaerobi han de ser orgànics i biodegradables. L'aposta actual, tant a nivell europeu, com a nivell estatal i català, és utilitzar matèries primeres residuals per maximitzar els beneficis de producció d'energia renovable amb la gestió sostenible d'aquests residus i no competir amb la producció d'aliments, tot i que aquesta consideració pot tenir excepcions, com per exemple els cultius energètics o els cultius intermedis.

A continuació es detallen les diferents categories de materials d'entrada en els digestors anaerobis, posant el focus en les característiques que determinaran la qualitat del digestat obtingut.

>>>> **Dejeccions ramaderes**

La digestió anaeròbia de dejeccions ramaderes és una pràctica que permet el processament d'aquests residus i proporciona un valor afegit a la seva aplicació al sòl, ja que les seves característiques agronòmiques milloren. La principal classificació de les dejeccions ve determinada per les seves característiques fisico-químiques que, al mateix temps, venen determinades per l'espècie animal que les genera i el maneig en la recollida d'aquestes. Així doncs, es poden classificar les dejeccions en fems, generats habitualment per remugants i cavalls, els purins, generats principalment per porcs i vaques de llet, i la gallinassa, generada per l'aviram.

Les característiques de les dejeccions tenen un efecte important sobre la composició del digestat resultant. Per exemple, els purins porcins tenen un contingut en sòlids totals molt baix. Per altra banda, els fems de boví barrejats amb material vegetal no digestat i material dels jaços aportarà una quantitat de matèria seca més alta en el digestat.

En general, les dejeccions ramaderes contenen una gran quantitat d'aigua, una relació C/N baixa i un alt contingut de nutrients (N, P, K, S, Cu, Zn). Per tant, el digestat provinent d'aquesta matèria primera també tindrà unes característiques similars. La digestió anaeròbia únicament de purins pot ser complicada i poc efectiva, ja que la relació C/N d'aquest material és baixa i la producció de biogàs pot ser reduïda.

>>>> **Cultius**

• **Cultius energètics**

Els cultius energètics es poden definir com tots aquells cultius destinats a la producció de biomassa per generar energia tèrmica, energia elèctrica o biocombustibles. Dins els cultius energètics, el blat de moro, el mill, el sorgo, la mostassa d'Etiòpia (*Brassica carinata*) o el trèvol blanc són algunes de les espècies més emprades actualment per a la generació de biogàs. Tot i ser una opció habitual

a nivell europeu, a nivell català, de moment, no es pretén promoure aquest tipus de pràctica, ja que s'estableix una competició per l'ús del sòl amb els cultius alimentaris. A nivell europeu, tampoc és una pràctica que es vulgui promoure. En el cas de Dinamarca, per exemple, només es permet que un 9% de l'aliment del reactor provingui d'un cultiu energètic.

- **Cultius intermedis**

Els cultius intermitjos (*catch crops*) serien aquells que creixen entre dos cultius alimentaris estacionals consecutius amb l'objectiu d'assimilar nutrients residuals del sòl, especialment nitrats, per evitar-ne la lixiviació. Aquests cultius serien una millor alternativa de ser utilitzats com a aliment al digestor anaerobi, pel fet que són susceptibles de produir biogàs sense interferir amb la producció d'aliments (Molinuevo-Salces et al., 2015; Flotats et al., 2016). Tot i això, no sempre és possible cultivar-los, ja que dependrà molt de les condicions climàtiques i meteorològiques. Per les condicions climàtiques del nostre país, aquesta pràctica no és generalment viable econòmicament a causa de l'elevat cost de producció i la poca quantitat de producte obtingut. A Catalunya no és una pràctica habitual.

- **Restes de cultius herbacis**

Les restes de cultius herbacis, com la palla, tenen una relació C/N per sobre del rang òptim i un nivell de nutrients baix. Així i tot, presenten un alt contingut de sòlids volàtils i un elevat rendiment de producció de biogàs.

- **Aspectes comuns**

En els tres casos anteriors es fa necessari un pretractament físic i/o químic per a evitar possibles interferències amb la dinàmica del sistema i, de la mateixa manera, fer la biomassa més accessible, amb la reducció de la mida de partícula i inclús arribant a hidrolitzar la matèria orgànica complexa (p. ex., lignocel·lulosa). Aquest pretractament podria arribar a dificultar el tractament del digestat, ja que podria dificultar una separació de la fracció líquida i la sòlida.

>>>> **Subproductes i residus de la indústria alimentària**

En la indústria alimentària es genera una quantitat important de subproductes i residus amb un alt potencial de ser valoritzats a través de la digestió anaeròbia. Si bé és cert que una gran part d'aquests materials orgànics ja tenen una sortida comercial de major valor afegit, ja sigui en la cadena de producció d'altres aliments per a consum humà o, en segon terme, per a consum animal (pinsos, etc.), existeix una quantitat rellevant de subproductes que per les seves característiques no són susceptibles de ser utilitzats en els casos anteriors i una de les opcions de gestió, tractament i valorització pot ser la digestió anaeròbia. Entre aquests, podrien destacar els fangs agroindustrials i els subproductes d'origen animal no destinats al consum humà (SANDACH), així com els greixos de les aigües residuals i el xerigot, entre altres. De forma general, aquests materials presenten un grau d'hidròlisi i degradació prèvia bastant baix.

En referència als residus afectats per la normativa SANDACH que es poden valoritzar mitjançant digestió anaeròbia, són aquells classificats com a categoria 2 i 3, aplicant els pretractaments corresponents esmentats al Reglament (CE) 1069/2009.

>>> Fangs de depuradora d'aigües residuals urbanes (EDAR)

La digestió anaeròbia únicament de fangs de depuradora pot ser complicada i poc efectiva, ja que la relació C/N d'aquest material és baixa i la producció de biogàs pot ser reduïda. Per altra banda, i malgrat sigui un dels paràmetres que s'analitzen regularment en les EDAR, els fangs de depuradora tenen major potencial de contenir metalls pesants, o altres compostos que no s'analitzen regularment, com ara contaminants emergents, i cal parar especial atenció a aquest fet, ja que la digestió anaeròbia tindria un efecte de concentració d'aquest elements en el digestat. El seguiment i monitorització aigües amunt i en fang d'aquests components és important per tal d'evitar la seva presència en el digestat.

>>> Fracció orgànica de residus municipals (FORM)

La gestió dels residus orgànics municipals provinents de recollida selectiva (també anomenats FORM o bioresidus) mitjançant digestió anaeròbia és una de les vies més utilitzades en les instal·lacions que tracten aquests residus, seguida d'un compostatge. La composició d'aquests residus és altament heterogènia, ja que engloben tots els residus orgànics generats als domicilis, restaurants, mercats, etc., i les restes vegetals de poda i jardineria de mida petita que poden ser recollides selectivament i susceptibles de ser degradades biològicament. Generalment, la seva composició és rica en hidrats de carboni, proteïnes i greixos, i presenten un contingut d'humitat alt (75% a 85%). En aquest cas, és de vital importància un alt nivell de qualitat de la matèria primera (baix nivell d'impropis), ja que això pot comportar una reducció de la inversió en processos de pretractament mecànic per a eliminar impropis (plàstics, metalls, vidres), i tenir un digestat de més qualitat. En aquest sentit, la recollida porta a porta és un dels sistemes amb els quals s'obté una FORM d'elevada qualitat amb nivells d'impropis significativament baixos.

>>> Codigestió de residus orgànics

Pel que s'ha explicat anteriorment, cada tipus de material orgànic presenta alguna característica favorable per a la digestió anaeròbia i altres propietats que la dificulten. Això fa que en molts casos la producció de biogàs amb una sola font de matèria primera sigui poc eficient. La codigestió busca aprofitar la complementarietat de les composicions, tractant dos o més residus conjuntament, per optimitzar el procés de digestió i generar un major volum de biogàs. En conseqüència, les característiques del digestat dependran de la barreja i la proporció dels materials d'entrada.

En aquest sentit, és aconsellable realitzar la selecció de les matèries primeres utilitzades, no només considerant el seu potencial metanogènic, sinó també les característiques que aquestes aportaran al digestat resultant. Assegurant, d'aquesta manera, la seva posterior gestió i valorització, principalment com a fertilitzant o esmena orgànica. Cal destacar que tots els materials orgànics utilitzats han de complir per si mateixos, abans de ser barrejats, els requisits normatius d'aptitud agronòmica per a la seva utilització agrícola.

Com a exemple, la codigestió de dejeccions ramaderes i de residus de la indústria alimentària, principalment fangs de depuradora i residus SANDACH, és, en l'actualitat, el mètode en el qual es basen una bona part de les plantes de digestió anaeròbia en països de la UE.

>>>> **Aptitud i caracterització dels materials d'entrada**

Els materials i residus orgànics que es vulguin gestionar a les instal·lacions de digestió anaeròbia cal que demostrin prèviament, com a criteri general, la seva eficàcia, innocuïtat i constància en la seva composició.

Per a la valoració de la idoneïtat dels materials, cal avaluar el seu origen i l'activitat que els genera, el seu procés productiu, i les seves característiques. El Decret 152/2017, sobre la classificació, codificació i vies de gestió dels residus, recull els residus que a priori es consideren adequats per a ser valoritzats mitjançant digestió anaeròbia, els quals tenen assignada aquesta via de gestió (R0302) en el Catàleg de Residus de Catalunya.

A més a més, i d'acord amb la Llei estatal 7/2022, de residus, cal tindre en compte les prescripcions que esmenta el Reglament (UE) 2019/1009 en relació al tipus de matèries primeres acceptades per a produir un digestat que es vulgui comercialitzar com a producte fertilitzant.

Cal disposar de caracteritzacions analítiques per avaluar la seva aptitud i idoneïtat en la digestió anaeròbia, tenint en compte que el digestat es valoritzarà posteriorment a l'agricultura. Aquesta analítica com a mínim contindrà els paràmetres agronòmics i metalls pesants, però depenent de la procedència dels materials, podrà ser necessari complementar-la amb altres paràmetres (impropis, alumini, polifenols, hidrocarburs, dissolvents, etc.).

Com a criteri general orientatiu, algunes de les característiques mínimes que han de presentar els residus es recullen a la següent:

Característiques dels residus orgànics destinats a digestió anaeròbia

Característiques	Valors	Caràcter restrictiu / Observacions
Matèria orgànica total (MOT)	> 40% s.m.s	Manca de contingut de MOT. Manca de potencial de generació de biogàs
pH	4 – 10	pH extrems poden afectar el procés de metanització
Impureses (inerts)	Absència*	Evitar presència de materials inerts en el producte final
Metalls pesants (MP)	< al 75% dels límits del RD 1051/2022	Durant el procés de digestió anaeròbia es produeix una concentració relativa dels MP, i per això els residus a digerir han de presentar valors que se situessin per sota del 75% dels nivells legalment establerts

(*) En el cas de residus d'origen municipal (domiciliaris o comercials) es tindrà en compte la presència d'instal·lacions de pre-tractament i post-tractament, així com la seva eficiència.

>>>> Característiques del digestat segons el material d'entrada

Les característiques del digestat vindran molt determinades per les tipologies i quantitat de materials d'entrada. A la taula següent es detallen alguns paràmetres fisicoquímics de digestats provinents de processos de digestió anaeròbia que gestionen i valoritzen diferents materials d'entrada.

Característiques del digestat segons els materials d'entrada

Tipus digestat	Matèria seca (%)	Matèria orgànica (kg/t)	kg N/tona (% N amoniacal / N total)	kg P2O5/tona	Kg K2O/tona
Digestat de dejeccions ramaderes ^a	4	29	4 (68%)	2	2
Digestat de fems de boví ^b	7	59	3 (65%)	n.d.	n.d.
Digestat de purí porcí ^b	6	46	4 (72%)	n.d.	n.d.
Fracció sòlida de digestat de purí porcí	27-29	245-247	5 (50%)	6	2
Fracció sòlida de digestat amb un 85% de purí vaquí	24-26	209-225	6 (37%)	3	3
Fracció sòlida de digestat amb un 40% de purí porcí	29-30	260-270	7 (43%)	5	2
Fracció sòlida de digestat amb un 10% de purí porcí	22-23	168-170	12 (43%)	11	1
Digestat 90% de cultiu energètic i 10% d'ensitjat de blat de moro ^c	n.d.	13	3 (32%)	1	3
Digestat d'aigües residuals d'alcoholera ^d	14	101	9 (14%)	20	30
Digestat de fangs d'EDAR per aplicació agrícola ^e	11-26	79-176	8-15 (14%-39%)	4-26	0.3-1
Digestat de FORM Vilaseca ^e	30-35	145-167	9-11 (40%-46%)	3-4	2-4
Digestat de purí (41%) + residus agroindustrials (59%) ^f	7	41	8 (68%)	4	1

Font: a) Taula orientativa del contingut de nutrients en dejeccions ramaderes tractades. Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes. DARPA; b) Risberg et al. (2017); c) Vautrin et al. (2024); d) CADES PENEDES S.L.. Valors de la fracció sòlida centrifugada; e) ARC; f) Morey Gual (2023). Residus agroindustrials: fangs d'escorxador, d'EDAR urbana, del sector lacteri i fangs de la producció de cervesa.

1.4. Principals impureses i substàncies indesitjables

La presència d'impureses o contaminants en el digestat, siguin físiques, químiques o biològiques, depèn altament dels materials originals. Els contaminants biològics (patògens i llavors de males herbes) es poden eliminar de forma efectiva durant el procés de digestió anaeròbia, depenent de la temperatura i temps de procés, així com a través de tractament posteriors, com el compostatge. En canvi, els contaminants físics (trossos de fusta, sorra, plàstics, metalls, pedres, vidre, etc.) i els contaminants químics (antibiòtics, desinfectants, microplàstics, metalls pesants, contaminants orgànics, hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP), etc.) no s'eliminen durant el procés de digestió. Per tant, en cas de presència d'aquests compostos en els materials d'entrada, aquests quedaran acumulats en el digestat i, especialment, en la seva fracció sòlida. De fet, pot produir-se una certa concentració a causa de la biodegradació parcial de la matriu orgànica. L'origen d'aquests compostos són medicaments i suplementes en la dieta, metalls pesants abocats a les aigües residuals i retinguts als fangs d'EDAR, o desinfectants utilitzats en pràctiques industrials, entre molts altres. La presència d'aquests compostos en el digestat pot suposar un risc en el seu posterior ús. Considerant que la principal via de gestió és l'aplicació al sòl i que la principal via de valorització del digestat és la fabricació de fertilitzants, s'hauria d'avaluar la concentració d'aquests components al digestat per poder complir les especificacions legals, així com fer una bona selecció de la qualitat dels materials que entren al digestor per evitar la presència d'aquests compostos, en la mesura del possible.

Principals categories de materials d'entrada amb les principals impureses i substàncies indesitjables

	Material llenyós ¹	Impureses ²	Antibiòtics	Desinfectants	Metalls pesants	Altres contaminants orgànics ⁴
Dejeccions ramaderes	x	x	x	x	x ³	
Cultius energètics	x	x				
Subproductes i residus agroindustrials	x					x
Fangs d'EDAR			x	x	x	x
FORM	x	x				

¹ Material llenyós de gran diàmetre, difícil de descompondre i que pot provocar obturacions.

² Plàstic, metalls, pedres i vidres.

³ Per a alguns metalls pesants específics, que poden limitar l'aplicació agrícola.

⁴ Pesticides, antidepressius, fotoprotectors, vernissos, fungicides, herbicides, additius.

1.5. Caracterització dels principals usos i aplicacions del digestat en l'actualitat

>>> Aplicació del digestat directament a camp

Les propietats físiques i químiques del digestat promouen fortament el seu ús en l'agricultura. El contingut de matèria orgànica relativament alt, un pH lleugerament àcid i una abundància de NPK són només alguns dels paràmetres que donen suport a l'aplicació del digestat com a fertilitzant. El digestat conté a més diversos compostos bioactius com ara aminoàcids lliures, vitamines, àcid húmic i àcid fúlvic, que poden promoure el creixement de les plantes.

Abans d'utilitzar el digestat en aplicació a camp, cal disposar d'una caracterització analítica per conèixer la seva composició, que acrediti el seu valor agronòmic i el compliment de la normativa. En concret, cal tindre en compte els requisits tècnics descrits a l'annex VIII del Reial decret 1051/2022:

- Matèria orgànica: $\geq 25\%$ sms.
- Declarar el contingut en Salmonella.
- Declarar contingut en Escherichia coli.
- Aportar anàlisi dels nutrients que aporten, en particular, nitrogen, fòsfor i potassi, així com pH i conductivitat elèctrica.
- Complir tots els requisits addicionals inclosos a la seva autorització de valorització R1001.

Contingut màxim legal de metalls pesants en els materials i els productes que s'apliquen a un sòl agrari o a un cultiu segons el Reial decret 1051/2022

Metalls pesants	Valors límit (mg/kg ms)
Cadmi (Cd)	10
Coure (Cu)*	1.000
Níquel (Ni)	300
Plom (Pb)	750
Zinc (Zn)*	2.500
Mercuri (Hg)	10
Crom hexavalent (Cr VI)	2
Crom (Cr)	1.000
Arsènic total (As)	40

* No obstant, aquests valors límit no seran aplicables quan el coure (Cu) o el zinc (Zn) hagin estat afegits intencionadament a un producte fertilitzant amb la finalitat de corregir una deficiència en micronutrients del sòl i siguin declarats de conformitat amb la normativa sobre productes fertilitzants.

Ni el digestat ni cap material que s'apliqui al sòl agrari o que es vulgui emprar com a ingredient de productes fertilitzants comercials, no podrà superar el límit d'impureses macroscòpiques determinades per a la CMC 5 del Reglament UE 2019/1009, d'acord amb el Reial decret 1051/2022.

Impureses > 2 mm	Valors límit (g/kg ms)
Metall, vidre o plàstic (de mida superior a 2 mm)	3
Suma d'impureses macroscòpiques (metall, vidre o plàstic)	5
*A partir del 16 de juliol de 2026, presència de plàstics de > 2 mm	2,5

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, nombrosos estudis han demostrat al llarg de la darrera dècada que l'ús de digestat com a fertilitzant orgànic, en comparació amb els materials sense digerir, millora l'absorció de nutrients per part de les plantes i millora l'estructura del sòl i la seva activitat microbiana. A més, el digestat pot contenir microorganismes beneficiosos per al sòl o amb un impacte ambiental positiu, com és el cas dels bacteris de fixació del nitrogen, els desnitrificants i els nitrificants, entre altres. Addicionalment, està àmpliament acceptat que l'efecte fertilitzant del digestat pot estendre's en el temps en comparació amb els fertilitzants minerals. La raó d'això és que els digestats contenen menys nitrogen ràpidament disponible per a les plantes comparats amb els fertilitzants minerals.

Recentment, hi ha hagut un augment notable en la utilització no només del digestat en estat cru, sinó també dels productes derivats. Aquesta tendència té diverses raons, sent la més significativa la satisfacció de les demandes de nutrients de les plantes, un millor control sobre la concentració de nutrients aplicats i la possibilitat de concentració i exportació de nutrients fora de les zones amb un excés d'aquests.

El digestat hauria d'incorporar-se al sòl al més aviat possible, per tal d'evitar emissions d'amoniac. S'ha observat que les pèrdues d'amoniac en les primeres 24 hores després de l'aplicació en superfície del digestat cru representen entre un 10% (en condicions fresques i humides) i un 50% (en condicions càlides i seques). Els sistemes d'injecció reduiran l'exposició del digestat a l'aire, cosa que reduirà significativament la volatilització de l'amoniac i els possibles problemes de males olors (Sommer i Hutchings, 2001, Ndegwa et al., 2008).

En qualsevol cas, l'aplicació directa de digestat, com és el cas dels purins o de qualsevol altre fertilitzant per a cultius, ha d'anar acompanyada d'un pla de maneig de nutrients que estigui dissenyat per desenvolupar les millors pràctiques de gestió per a la producció de cultius. Aquest pla ha d'incloure l'avaluació del tipus de sòl, de les característiques del digestat i del cultiu receptor pel que fa a les necessitats de fertilització.

>>>> Ús del digestat per obtenir productes de valor agronòmic

El digestat es pot tractar per obtenir materials o productes amb diferents finalitats agronòmiques. D'entre aquestes se'n pot destacar el compost de les fraccions sòlides. També es poden obtenir biofertilitzants a partir de l'extracció i recuperació de nutrients, com per exemple el sulfat amònic o les estruvites, de la fracció líquida. A més, també es pot recuperar una aigua que pot tenir diferents usos, entre ells la irrigació o la fertirrigació en funció de les característiques de l'aigua obtinguda. En els apartats *Estratègies d'emmagatzematge i tractament del digestat i Bioproductes obtinguts a partir del digestat i estratègies de valorització*, es descriuen amb més detall les tecnologies de tractament i els productes obtinguts.

La producció de biofertilitzants a partir del digestat serà una de les estratègies de valorització més emprades amb l'adopció de la nova regulació europea de fertilitzants i l'estratègia de la Comissió Europea que ha fixat l'objectiu de reduir en un 30% els recursos no renovables en la producció de fertilitzants (Chojnacka et al., 2020). Durant els darrers anys, les empreses de fertilitzants han utilitzat cada cop més recursos renovables i el desenvolupament de les tecnologies per a la recuperació de nutrients dels materials orgànics és cada vegada més eficient. Això hauria d'anar de bracet amb incentius per a la valorització de residus i de promoció de la bioeconomia circular.

La separació mecànica sol ser el primer pas, separant el digestat en una fracció sòlida i una de líquida, que es poden tractar posteriorment. A l'apartat IV es descriuen en detall les diferents estratègies de gestió de les fraccions del digestat i els productes disponibles. Resumidament, la fracció líquida pot passar per un tractament de membranes que concentra compostos de nitrogen i fòsfor utilitzant una barrera selectiva (Sengupta et al., 2015) o pel procés de stripping per recuperar amoni com a sulfat d'amoni (Laureni et al., 2013), nitrat d'amoni (Sigurnjak et al., 2019) o altres sals amoniacals. La fracció concentrada o "sòlida" també es pot tractar mitjançant compostatge per estabilitzar la matèria orgànica (Cáceres et al., 2018) o assecada per reduir-ne el contingut d'aigua (Angouria-Tsorochidou et al., 2022). L'assecatge comporta, a més a més, la pèrdua de la fracció líquida que podria ser utilitzada per a irrigació o fertirrigació. Un dels principals riscos d'assecar digestats rics en nitrogen és la volatilització del nitrogen com a amoníac (NH_3). En aquest sentit, un enfocament interessant per reduir les emissions d'amoníac és fer servir agents àcids per canviar l'equilibri àcid-base a amoni (NH_4^+). L'acidificació és una estratègia que ja es fa servir per controlar les emissions d'amoníac i gasos d'efecte hivernacle, o una absorció de l'amoníac dels gasos provinents de l'assecatge.

>>>> **Altres usos del digestat**

El digestat també es pot tractar amb l'objectiu d'obtenir productes amb aplicacions diferents de l'agrònomic, tot i que a dia d'avui aquesta via és molt menys habitual. Entre aquestes opcions hi hauria principalment la valorització energètica, com el biooil o la combustió de la fracció sòlida assecada, per exemple, en forma de pel·letitzats. Hi ha determinats productes obtinguts, que més enllà del seu ús a nivell agronòmic també es podrien utilitzar en altres sectors, com és el cas del sulfat d'amoni en el mercat del sector químic, tèxtil, del paper, etc., o l'àcid fosfòric com a matèria primera per a la producció de productes per a les empreses químiques. Finalment, l'aigua recuperada pot tenir altres destins més enllà de l'agròmic, com l'abocament a llera o col·lector, el seu ús a la mateixa planta de biogàs o per a la neteja d'instal·lacions, entre altres.

Estudis previs també han demostrat que el digestat es pot utilitzar eficaçment per al cultiu d'algues en reactors discontinus o continus. A més, s'ha aplicat amb èxit per al cultiu de fongs per a usos mèdics i comestibles.

2. Cadena de valor actual del digestat al territori

Els gestors de les plantes de biogàs disposen de diferents opcions per a la gestió del digestat, i en cada cas s'haurà d'analitzar quina és la més adequada. Els principals factors que determinen aquesta decisió són el territori on estan ubicades les instal·lacions, la disponibilitat de superfície agrària fertilitzable, les dificultats i costos logístics i de transport (distàncies i mitjans de transport), el cost d'inversió i d'operació dels tractaments, les restriccions normatives a l'ús dels digestats i el valor de mercat dels productes derivats del digestat.

2.1. Aplicació directa a camp amb criteris agronòmics

Actualment, la gestió més habitual a Catalunya és l'aplicació directa a camp del digestat (gestió via R10) o dels productes resultants del tractament del digestat (fraccions líquides o sòlides del separador, compost, etc.). El cost de transport, d'aplicació d'aquests materials i de lloguer/cessió de terres és altament variable segons el context socioeconòmic. Hi pot haver una fluctuació en la base territorial agrícola disponible, cosa que pot complicar la gestió del digestat. Tanmateix, si l'entitat operadora/propietària de la planta de biogàs disposa de terres suficients properes a la planta, aquesta opció sol ser la més interessant, especialment a nivell econòmic.

Per altra banda, com succeeix amb altres materials com les dejeccions ramaderes, quan el destí final és l'aplicació directa al sòl, cal disposar de capacitat d'emmagatzematge, ja que l'aplicació d'aquests materials al sòl només és possible en determinats períodes. Aquesta etapa (emmagatzematge) es considera una etapa crítica, especialment per als materials digerits, perquè té un gran potencial d'emissions tant de gasos d'efecte hivernacle (p. ex., metà) com d'altres contaminants com l'amoníac. Les emissions d'amoníac són indesitjables per l'impacte negatiu en la salut humana i el medi ambient, però també perquè suposen una reducció del nitrogen present al digestat i per tant una pèrdua del seu valor fertilitzant. Per evitar la contaminació deguda a aquestes emissions, tal com s'estableix a la directiva europea de sostres d'emissions atmosfèriques (Directiva 2001/81/CE, sobre sostres estatals d'emissió de determinats contaminants atmosfèrics), és necessària l'aplicació de les millors tècniques disponibles (MTD) per tal de reduir-les substancialment. Aquestes MTD inclouen, entre d'altres, mesures com l'acidificació i la cobertura de les basses d'emmagatzematge. Actualment, la majoria de plantes de biogàs no cobreixen ni acidifiquen el digestat emmagatzemat.

Quant a la cadena de valor, la gestió d'aquest digestat genera, o pot generar, oportunitats de negoci a empreses d'enginyeria i de serveis per a la construcció de sistemes d'emmagatzematge, de cobriment d'aquests, empreses de tecnologies de tractament i d'aplicació a camp, així com empreses de logística, transport i aplicació de digestat a camp.

Finalment, tot i que l'aplicació directa sigui l'opció més econòmica, quan no es disposa de suficients terres properes a la planta, cosa que pot ocórrer

especialment en aquelles plantes ubicades en zones vulnerables per nitrats, el tractament del digestat no representa tant sols una oportunitat per generar noves cadenes de valor, sinó que esdevé una necessitat per tal de poder exportar nutrients fora del territori, fent compatible aquesta activitat amb les activitats pròpies del sector ramader i agrari d'aquestes zones. És especialment en aquests casos que serà necessari promoure'n el seu desenvolupament.

Gràcies als diferents plans estratègics, directives i normatives, així com a les exigències de mercat, entre altres, cada cop és més interessant plantejar vies de tractament i de valorització del digestat, que més enllà de contribuir a una millora en la gestió dels residus orgànics generats en un determinat territori, distribuint-los de forma més equilibrada en funció de la terra disponible, també contribueixen a millorar la seguretat alimentària de Catalunya i promouen noves cadenes de valor basades en la bioeconomia, generant bioproductes, principalment fertilitzants circulars i de proximitat.

Per planificar la millor estratègia de gestió del digestat s'han de tindre en compte les diferents zones que hi ha a Catalunya segons la seva capacitat de gestionar nutrients.

>>> **Zones amb excedents de nutrients**

Si s'analitza la generació de residus orgànics per localització, es poden definir tres zones a Catalunya depenent de la generació dels residus orgànics agroindustrials, dejeccions, fangs d'EDAR i FORM:

Zona A amb elevada generació de dejeccions ramaderes:

- Comarques de les demarcacions de Lleida, Girona i del nord de Barcelona.
- Elevat índex de càrrega ramadera.
- Elevada presència d'indústria agroalimentària.
- La majoria de plantes de biogàs construïdes en aquesta zona haurien d'incorporar una part de dejeccions ramaderes.

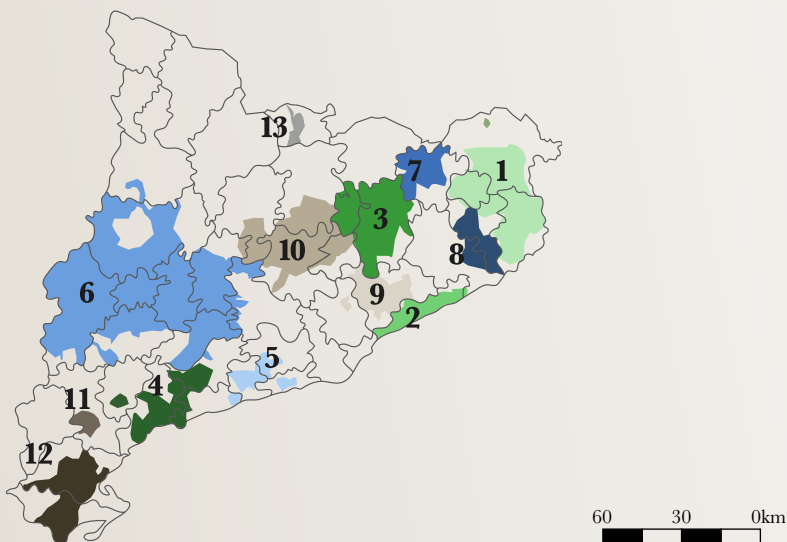
Zona B amb elevada generació de fangs de depuradora, FORM, i residus orgànics industrials:

- En especial, la regió metropolitana de Barcelona i voltants de grans ciutats (Gironès i Tarragonès).
- Elevada densitat de població i indústria agroalimentària.
- La majoria de plantes que s'instal·lin en aquesta zona se situaran en estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), centres de tractament de residus (CTR) que tractin FORM i en les mateixes indústries productores de residus orgànics.

Zona C amb una generació de residus no concentrada en un tipus:

- Comarques de la demarcació de Tarragona i pirinenques o prepirinenques.
- Equilibri entre població i activitats industrials i agrícoles.
- Cap residu destaca respecte als altres, per tant, les plantes de biogàs hauran d'incorporar diferent varietat de residus depenent dels recursos característics locals.

Mapa de les zones vulnerables per nitrats a Catalunya



Font: Annex 20 del Decret 153/2019 i Ordre TES/80/2021. Cartografia zones vulnerables 2022.

D'altra banda, com es desenvoluparà en més detall en l'apartat III. Situació actual de la fertilització a Catalunya, la majoria de cultius es concentren a la plana de Lleida, la Catalunya Central, l'Empordà i les Terres de l'Ebre.

Seguint la Directiva 91/676/CEE, a Catalunya s'han designat zones vulnerables (ZV) per nitrats. En aquestes zones, la fertilització amb fertilitzants orgànics (entre ells el digestat) està més limitada, tot i que es pot suplementar amb fertilitzants inorgànics.

La diferència entre la quantitat de nitrogen produït en un territori respecte a les necessitats dels cultius de la superfície agrària útil del mateix territori es defineix com l'excedent (o dèficit) de nitrogen. Un excedent de nitrogen que s'haurà de gestionar de manera sostenible. En aquest context, en la majoria de les ocasions, la solució per gestionar el digestat passa per exportar els nutrients a altres territoris deficitaris, tot i que en alguns casos també s'opta per la via de l'eliminació (com pot ser el cas del nitrogen). Aquesta necessitat d'exportar a altres territoris, que en moltes ocasions implica el transport a distàncies llargues, comporta reptes importants per les característiques del digestat, com pot ser l'elevat contingut d'aigua.

Amb aquestes consideracions, per tal de fer viable l'exportació (i/o valorització) d'aquest digestat serà necessari implementar estratègies de tractament que principalment consistiran en tecnologies de concentració de nutrients i millora de la qualitat dels productes.

>>>> **Tractament del digestat per exportació des de zones excedentàries i millora de la qualitat agronòmica del material fertilitzant final**

El tractament del digestat pot ajudar a millorar la seva qualitat agronòmica, alhora que permet reduir els costos de transport. Una de les etapes inicials i principals en el tractament del digestat sol ser una separació de fases. D'aquesta etapa s'obté una fracció líquida (FL) amb un elevat contingut de nitrogen amoniacal (NH_4^+) i potassi i una fracció sòlida (FS) on s'hi troba un elevat contingut de matèria orgànica, un elevat contingut de fòsfor, una part molt important del nitrogen orgànic i un contingut moderat de nitrogen amoniacal i potassi (dependrà de la humitat final d'aquest fracció).

La fracció sòlida, per les seves característiques, es valoritza amb major facilitat i conté menys aigua, cosa que compensa uns majors costos de transport i aplicació. També és possible tractar aquesta fracció sòlida per millorar, encara més, les seves característiques i qualitat.

Pel que fa a la fracció líquida, es pot aplicar com a fertilitzant, en terres properes, o sotmetre's a tractaments de concentració o eliminació de nutrients i, al mateix temps, recuperar aigua, que en funció del tractament i de la seva qualitat pot tenir diferents usos i aplicacions. Existeix una elevat ventall de tecnologies per millorar les propietats i qualitat del digestat, les quals han estat recollides a l'apartat IV. *Estratègies d'emmagatzematge i tractament del digestat.*

2.2. Fabricació i comercialització com a producte fertilitzant

L'altra opció, com s'ha avançant en apartats anteriors, és la fabricació de productes fertilitzants per a la seva introducció al mercat estatal o europeu. Amb aquesta via, els productes obtinguts del digestat poden ser comercialitzats i exportats fora de les zones amb excedents. En aquest model de negoci, les plantes de biogàs es transformen en factories de bioproductes o poden subministrar els digestats o derivats a empreses fabricants de fertilitzants.

Actualment hi ha 72 plantes de biogàs i un nombre molt reduït d'aquestes plantes fan tractament del digestat. Les plantes que sí que en realitzen, de vegades fan tractaments en cascada, que permeten obtenir diferents bioproductes de valor. És per aquest motiu que aquestes plantes passen de considerar-se plantes de biogàs a factories de bioproductes ja que, més enllà del biogàs, obtenen diferents bioproductes de valor afegit. Tanmateix, a causa de les barreres legislatives, tecnològiques i econòmiques, no és una opció estesa a Catalunya.

2.3. Indicadors del potencial de recuperació de nutrients i aigua dels digestats a Catalunya

>>> **Quantitat actual i futura de digestat produït**

Actualment, no existeix una base de dades ni un registre públic unificat que informi del total del volum de digestat produït a Catalunya. Tanmateix, aquesta dada es pot estimar a partir de la quantitat de residus tractats o el biogàs produït. Segons dades recollides a l'Estratègia Catalana de Biogàs i Pla d'Acció 2023-2030, el 2020 un total d' 1.127.000 t/any de residus orgànics de diferent tipologia van ser tractats per digestió anaeròbia a Catalunya. Tal com s'estima en la mateixa Estratègia, suposant una reducció dels materials d'entrada durant el procés de biodigestió del 5%, el digestat produït a Catalunya el 2020 estaria al voltant d'1.070.650 t.

Atès que el sector del biogàs està en expansió, es preveuen i promouen nous projectes a tot el territori. En aquest sentit, es considera més rellevant analitzar la producció futura de digestat. La prospectiva de disponibilitat de recursos orgànics per produir biogàs, realitzada en el marc de l'Estratègia Catalana de Biogàs i Pla d'Acció 2023-2030, estima que la quantitat potencial de digestat brut produït serà d'aproximadament 7.767.580 t/any en l'horitzó 2030.

>>> **Potencial quantitat de nutrients valoritzats del digestat produït**

En la mateixa Estratègia, s'estima que la quantitat de nitrogen present en el digestat produït del tractament d'aquests residus serà de 38.682 t N/any (suposant una reducció del volum dels materials d'entrada durant el procés de biodigestió del 5% i una càrrega de nitrogen mitjana de 4,98 kg N/t, segons dades de la mitjana de les mostres recollides durant el 2022 del seguiment de les plantes de biogàs a Catalunya). Finalment, en la mateixa estimació, s'obté la quantitat de fertilitzants químics estalviada de 333.000 tones (considerant una concentració mitjana de nitrogen dels fertilitzants minerals del 12%).

En la present Estratègia catalana del digestat, aplicant la mateixa metodologia, s'estima que la quantitat de fòsfor present en el digestat produït del tractament d'aquests residus serà d'entre 23.613 i 51.359 t P/any (suposant una reducció del volum dels materials d'entrada durant el procés de biodigestió del 5% i una càrrega de fòsfor de 3,2-6,96 kg P/t, segons dades obtingudes de la mitjana de les mostres recollides durant el 2022 del seguiment de les plantes de biogàs a Catalunya).

A la taula següent es presenta una estimació del potencial desglossat per a cada material. Es prenen les quantitats de residus valoritzats per digestió anaeròbia establertes com a objectiu per al 2030, presentades a la mateixa Estratègia Catalana de Biogàs i Pla d'Acció 2023-2030, i s'hi apliquen les concentracions de macronutrients i matèria orgànica estimada per a cada tipus de material. En aquesta estimació no es tenen en compte els materials herbacis i cultius intermedis per falta de dades d'aquests.

Tipus de material orgànic	Objectiu 2030 -residu digestat (kt/any)*	Quantitat de digestat (kt)**	Nitrogen (kt)***	Fòsfor (kt P ₂ O ₅)	Potassi (kt K ₂ O)	Matèria orgànica (kt)
Residus orgànics municipals (bioresidus / FORM)	721	685	6,92	2,26	2,12	106,18
Dejeccions ramaderes	4.000	3.800	16,7	7,2	5,7	110,2
Fangs depuradora EDAR	470	447	5,63	5,45	0,31	61,69
Residus agroindustrials i altres industrials	450	428	3,64	8,35	12,80	43,09

*Dades Pla Estratègic del Biogàs 2023, arrodonides a l'alça al miler de tones.

**Estimant una reducció de volum del 5% durant el procés de digestió.

***Calculades aplicant les concentracions de macronutrients establertes a l'apartat 1.2.Principals característiques dels digestats, d'aquest document.

Hi pot haver instal·lacions de biogàs que generin un digestat que no complexi els criteris normatius per a la seva valorització a l'agricultura, com pot ser el cas dels fangs d'algunes EDAR amb continguts elevats de metalls pesants, els quals s'hauran de gestionar mitjançant altres vies de gestió autoritzades (assecatge tèrmic seguit de valorització energètica, estabilització, etc.).

Els resultats d'aquestes estimacions indiquen l'elevat potencial de la cadena de valor del digestat. En un territori com Catalunya, on el sector agrícola és estructural, no es pot desaprofitar una quantitat tan significativa de matèria orgànica ni de nutrients. Encara amb més motiu, cal aprofitar aquests recursos, tenint en compte que Catalunya importa fertilitzants de països tercers.

>>>> Potencial volum d'aigua recuperada del digestat produït

Per altra banda, el digestat es caracteritza per un contingut en sòlids totals del 4-10%. Per tant, l'obtenció d'aigua recuperada a partir de digestat podria tenir molt potencial i impacte a l'hora d'assegurar la disponibilitat i qualitat de recursos d'aigua alternatius a l'aigua dolça en activitats que no requereixin la qualitat d'aigua potable, especialment en àrees sotmeses a estrès hídric com és el cas de Catalunya. En aquest sentit, considerant una generació al voltant de 7.767.580 t/any de digestat, el volum d'aigua amb potencial de ser recuperada a partir del tractament del digestat, aplicant per exemple sistemes de membranes d'ultrafiltració i osmosi inversa, pujaria a 3,9 hm³/any, equivalent a recuperar el 50% de l'aigua que compon el digestat.

La recuperació de part d'aquesta aigua i la seva reutilització en activitats com el reg agrícola podria contribuir a alleujar la pressió sobre els recursos d'aigua dolça i a mantenir l'activitat del sector agroindustrial, ja que aquesta aigua podria ser potencialment reutilitzada en aplicacions com ara aigües de neteja per a instal·lacions, camions, etc., o com a aigua de procés en torres de refrigeració o calderes.

3. Situació actual de la fertilització i l'ús d'aigua a Catalunya

3.1. Cultius, hectàrees cultivades, distribució al territori

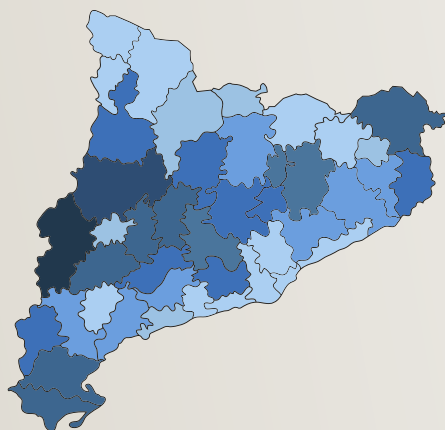
En aquest apartat es presenta la situació actual de la fertilització a Catalunya i es mostra el potencial de fertilització del digestat i els seus derivats al territori. L'any 2022 a Catalunya, segons dades del Servei d'Estadística i Preus Agroalimentaris (Gabinet Tècnic del DARPA), es van comptabilitzar unes 849.642 hectàrees cultivades. Aquest estudi va tenir en compte diferents registres oficials, com ara el Registre Vitivinícola, les dades de la DUN-2022 i el SIGPAC. Del total d'hectàrees cultivades, un 65% eren de secà i l'altre 35% de regadiu. Cal destacar que, considerant els pronòstics de sequera persistent al territori català, el percentatge de cultius de secà pot augmentar en un futur. Per altra banda, el sistema de reg predominant és la inundació, amb més d'un 40% del total (model menys eficient), seguit del reg localitzat, amb un 30%, i l'aspersió, amb un 14% (percentatges arrodonits, dades extretes de la DUN 2023).

De tota la superfície, més d'un 40% està destinada al cultiu de cereals, seguit en percentatges d'entre el 6 i el 12% pels farratges, l'oliverar, la vinya, la fruita de closca i la fruita dolça. Els cultius d'arròs i cítrics representen menys del 3% del total de superfície cultivada però són importants en zones concretes del territori.

En referència a la distribució geogràfica, els territoris amb major superfície conreada se situen en comarques de Lleida. Els següents territoris amb elevada extensió de terres de cultiu són els situats a la Catalunya Central, l'Empordà i les Terres de l'Ebre. Als territoris pirinencs, per a la seva orografia, hi ha menys superfície conreada i hi predominen els cultius per a farratge, tot i que la major producció a Catalunya d'aquest cultiu es troba al nord de les terres de Lleida i la Catalunya Central. A terres costaneres també es troba menys superfície conreada i hi predominen els cultius d'hortalisses, oliveres i fruiters, tot i que també són presents a les terres de Lleida, i arròs.

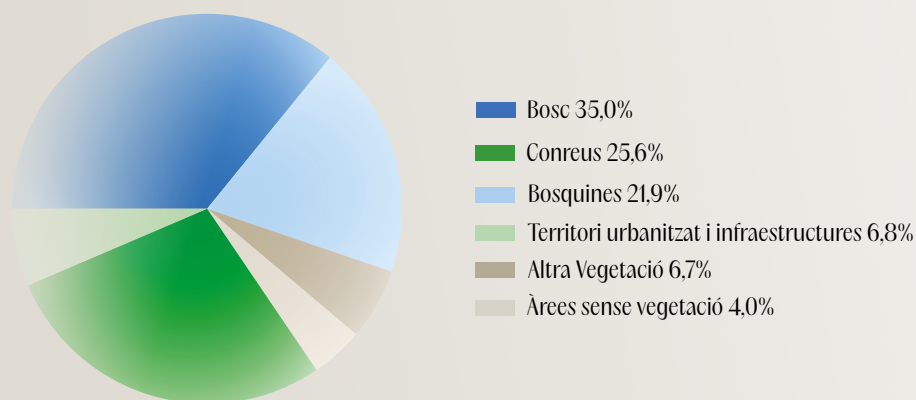
Els cultius amb un consum més elevat de fertilitzants químics són els que tenen una producció més intensiva, i per tant, ubicats en zones de reg. Per tant, són aquests produccions agrícoles les que presenten el major potencial d'ús de productes derivats del digestat. Així mateix, els cultius de fruiters i oliveres per la seva tecnificació o l'elevat valor afegit del seu producte, també presenten un elevat potencial d'ús de fertilitzants derivats del digestat.

Mapa de la distribució geogràfica de la superfície conreada a Catalunya per comarques (major intensitat de color indica major concentració de cultius)



Font: Principals indicadors del sector agrícola a Catalunya, DARPA 2022

Distribució percentual de la tipologia de cultius de Catalunya l'any 2022



Font: Estadística sobre superfícies ocupades pels conreus agrícoles, DARPA 2022

3.2. Estat de la fertilització

>>> Nitrogen

Coneixent les hectàrees de cultiu a Catalunya, la tipologia de cultius i les taules d'extraccions de nutrients corresponents, es poden estimar les necessitats de fertilització. El resultat indica que les necessitats anuals de nitrogen per fertilització a Catalunya són d'unes 130.000 t de N. A més, tal com s'ha presentat en l'apartat anterior, consegüentment 2030 el potencial nitrogen contingut als digestats a Catalunya serà quasi de 40.000 t de N i per tant, amb una bona gestió dels digestats s'estima que es podria arribar a cobrir aproximadament un 30% del nitrogen necessari per a la fertilització dels conreus catalans.

La transició de plantes de biogàs cap a factories de bioproductes, que generin fertilitzants de major qualitat, pot afavorir una fertilització de precisió, i, aprofitant al màxim el valor agronòmic que ofereix el digestat.

>>> Fòsfor

En referència al fòsfor, una part rellevant dels sòls catalans presenten uns nivells elevats d'aquest nutrient, en molts casos, clarament per sobre de les necessitats dels cultius. Aquesta concentració acostuma a trobar-se en sòls fertilitzats amb dejeccions ramaderes amb criteri nitrogen. El motiu d'aquest fenomen és que les dejeccions ramaderes es caracteritzen per tenir uns valors de fòsfor en excés respecte als de nitrogen, si es comparen amb les necessitats que en tenen els cultius; a això s'hi suma la baixa mobilitat del fòsfor en sòls calcaris, que són els predominants a les zones cultivades de Catalunya. En aquest context, el Decret 153/2019 fixa una concentració màxima de 150 mg P/kg sòl (mètode Olsén). Si se supera aquest lílindar, la fertilització d'aquest sòl s'haurà de dur a terme en criteri fòsfor, per tal de disminuir-ne la concentració. Es pot consultar la "Fitxa tècnica 42. Mesures per a disminuir continguts elevats de fòsfor disponible als sòls agrícoles", al web de l'Oficina de Fertilització i Tractament de Dejeccions Ramaderes.

Els digestats també presenten aquest desequilibri entre N i P. Si s'usen crus i es fertilitza amb criteri nitrogen, es pot incórrer en la mateixa problemàtica que amb l'ús de les dejeccions ramaderes. Afortunadament, certes tecnologies de tractament del digestat hi poden donar solució. Per exemple, mitjançant una separació sòlid/líquid, el fòsfor es distribueix principalment a la fase sòlida mentre que el nitrogen i el potassi es troben principalment a la fracció líquida. Tant en un cas com en l'altre, a l'hora d'utilitzar la fracció sòlida o líquida caldrà conèixer el potencial fertilitzant que tenen.

D'altra banda, existeix un interès, no només a Catalunya sinó a tota la Unió Europea, per recuperar el fòsfor present en molts residus orgànics. Per assolir els objectius de recuperació de fòsfor és imperatiu l'ús de tractaments dels materials orgànics, especialment en el cas de les dejeccions ramaderes, abans de la seva aplicació a camp. En aquest sentit, la digestió anaeròbia pot jugar un paper destacat per a potenciar els tractaments abans de la seva aplicació a camp. Recentment, la Comissió Europea ha inclòs el fòsfor en la llista de matèries primeres crítiques ("critical raw material"). La llista recull matèries crucials per a l'economia

de la UE i amb alt risc associat al seu subministrament. En concret, la roca de fosfat és essencial per la producció de fertilitzants fosfatats. El 75 % de les reserves mundials d'aquest mineral es troben al Sàhara Occidental, el qual n'és el principal exportador. La Xina i els Estats Units d'Amèrica també tenen reserves de fosfat, tanmateix no l'introdueixen al mercat global (Schoumans et al., 2015). Tot i que recentment s'han localitzat noves reserves de fòsfor a Noruega, el subministrament d'aquest mineral encara està en mans d'unes poques empreses i d'uns pocs territoris. Aquest fet provoca una situació de vulnerabilitat de la resta de territoris, essent molt sensible a canvis en el context geopolític i macroeconòmic, que poden derivar en un augment de preu, que posaria en perill la seguretat alimentària de la UE. Tenint en compte l'estimació de recuperació de fòsfor presentada a l'apartat sobre Indicadors del potencial de recuperació de nutrients i aigua dels digestats a Catalunya, el fòsfor recuperat de digestats podria arribar a cobrir pràcticament la meitat de les necessitats de fòsfor dels cultius del territori.

Per tal de recuperar el fòsfor dels digestats es poden utilitzar diverses tecnologies, principalment basades en la seva fixació a la matèria orgànica i/o la seva precipitació. Aquests tipus d'estratègies han estat àmpliament provades, sobretot, en sistemes de tractament d'aigües residuals (Desmidt et al., 2015). Per aquest motiu, en la versió consolidada del Reglament (CE) 2019/1009 sobre productes fertilitzants UE, es van incloure la CMC 12 -"Sals de fosfat precipitades i els seus derivats" la qual permet l'ús de fangs de depuradora d'aigües residuals urbanes i fangs de la indústria alimentària, sempre que no siguin SANDACH.

>>> Reducció de les emissions en la producció de fertilitzants

La gestió del digestat ofereix l'oportunitat al sector per descarbonitzar-se. Com s'ha vist en l'apartat anterior, els productes derivats del digestat poden produir un estalvi de fins al 12 % dels fertilitzants sintètics en base a nitrogen. Atès que la producció de fertilitzants sintètics presenta un elevat consum energètic provinent de fonts no renovables, la reducció de GEH amb l'ús de biofertilitzants és clara. Actualment, tot i que aquesta reducció de les emissions de GEH està àmpliament acceptada, el seu valor exacte encara està en discussió, tot i que comença a haver-hi estudis solvents que han arribat a determinar la reducció d'emissions de GEH per ús continuat de biofertilitzants al sòl (Gilbert i Ricci-Jürgensen, 2021). Això és degut a l'elevada variabilitat de processos de producció de biofertilitzants, dels materials digestats anaeròbiament, de l'estat de les plantes, de la cascada de tractaments del digestat emprada i del model de distribució dels productes generats, entre altres. Com a exemple d'aquesta variabilitat, segons estudis recents, es pot observar un rang considerable de reducció d'emissions d'entre 2 i 12 kg CO₂ eq/kg N (Kowalczyk-Juśko et al., 2023 i Timonen et al., 2019). Tenint en compte que s'ha estimat que els digestats podrien aportar 40 M kg N, la disminució d'emissions a Catalunya gràcies a la valorització dels nutrients present en el digestat pot ser de l'ordre de magnitud de milions o centenars de milions de kg CO₂ eq estalviats.

Aquesta anàlisi del procés es pot separar en les fases del cicle de vida dels productes: producció, emmagatzematge, transport i aplicació. Durant la producció es troba la major reducció d'emissions de GEH. En les altres fases, aquesta reducció ve determinada per la metodologia seguida. Actualment existeixen tractaments consolidats i millors tècniques disponibles (MTD) per seguir a l'hora de l'emmagatzematge i l'aplicació del digestat, tal com es comenta en altres apartats d'aquest document.

3.3. Ús de l'aigua

Tenint en compte l'estimació feta en l'apartat sobre Indicadors del potencial a Catalunya, el volum d'aigua recuperada dels digestats podria pujar als 3,9 hm³/any.

Aquesta aigua es podria utilitzar per a fertirrigació en explotacions agrícoles que disposin de tecnologia per fer-ho. D'altra banda, si es compara amb la demanda d'aigua anual de la ramaderia (al voltant de 40 hm³/any), la recuperació d'aigua del digestat equivaldria aproximadament al 10% de l'aigua consumida, tot i que, evidentment, els tractaments requerits per fer-la apta per a l'abeuratge del bestiar serien intensius.

4. Estratègies d'emmagatzematge i tractament del digestat

En el cas que les instal·lacions que produeixen digestat (o fraccions resultants del seu tractament) el gestionin agrícolament (via de gestió de residus R10), cal que disposin d'una autonomia d'emmagatzematge suficient per a quan l'aplicació agrícola no es pugui dur a terme, ja sigui per l'estacionalitat de la fertilització, per períodes en què no es poden aplicar fertilitzants nitrogenats d'acord amb el Decret 153/2019 o per circumstàncies meteorològiques.

L'autonomia d'emmagatzematge mínima que requereix cada instal·lació dependrà de la seva ubicació, les característiques del material que s'ha de gestionar, els tipus de cultius i la localització de les finques receptors, entre altres. Com a criteri general, es considera que l'emmagatzematge mínim haurà de ser de 4 mesos. Es pot tindre de referència l'annex 2 del Decret 153/2019, en què es descriu l'autonomia d'emmagatzematge mínima que es requereix a les explotacions ramaderes segons la ubicació de les instal·lacions i el tipus de dejecció. Cal tindre en compte que, encara que el digestat disposi de la fi de condició de residu, la gestió com a producte fertilitzant igualment pot requerir necessitats d'emmagatzematge, atesa l'estacionalitat de la demanda o quan no es disposi d'una instal·lació associada per gestionar-lo.

Adicionalment, sigui quina sigui la via de gestió (aplicació agrícola directa R10 o bé tractament R03) és imprescindible mitigar les possibles emissions durant l'emmagatzematge i l'aplicació del digestat per a evitar la pèrdua de nutrients i el consegüent impacte ambiental. En aquest sentit, des de la Comissió Europea s'estableixen un seguit de millors tècniques disponibles (MTD) per a diferents activitats que contribueixen a la mitigació de les esmentades emissions. No existeixen MTD específiques en l'emmagatzematge i aplicació del digestat. Tanmateix, les MTD específiques sobre dejeccions ramaderes són assimilables al digestat (Decisió d'Execució 2017/302). Aquestes estratègies i tècniques permeten reduir emissions al medi ambient i aprofitar els nutrients del digestat de forma més sostenible.

D'altra banda, com s'ha comentat anteriorment, el tractament del digestat pot disminuir emissions, generar materials fertilitzants exportables fora del territori on es genera o altres productes de valor afegit. Existeixen diferents tecnologies de tractament, depenent de quina fracció tracten i quin material pretenen recuperar. A l'apartat Tecnologies de tractament del digestat es presenten les diferents tecnologies.

4.1. Mitigació d'emissions en sistemes d'emmagatzematge de digestat

La mitigació de la pèrdua de nutrients d'un digestat és una acció prioritària a qualsevol altra enfocada en la recuperació d'aquests, sobretot en el cas del nitrogen ja que, com s'ha esmentat, en la seva forma amoniacal és extremadament volàtil. D'entre les millors tècniques disponibles (MTD) que existeixen avui dia per mitigar les emissions de nitrogen amoniacal del digestat, l'acidificació i la cobertura de basses són les més esteses. Tampoc s'ha d'oblidar el metà, un gas d'efecte hivernacle, ja que encara se'n pot seguir generant en certa quantitat en el digestat sortit del digestor.

L'acidificació té com a objectiu disminuir el pH del digestat, de manera que el nitrogen amoniacal es troba en la seva forma menys volàtil (amoni). Valors de pH per sota de la neutralitat permeten que la totalitat del nitrogen amoniacal es trobi en forma d'amoni, maximitzant la seva preservació en el líquid i minimitzant la seva volatilització. L'acidificació també té un efecte en la reducció del metà: una reducció entre el 65 i 78% (IRTA, 2024). Addicionalment, aplicar un digestat directament a sòl quan aquest té un pH proper a la neutralitat és més positiu per a la salut del sòl i pot propiciar la seva oxidació i estabilització en forma de nitrat.

En el cas de les cobertes de basses, s'acostumen a emprar sistemes de coberta completa, flexible (material polimèric) o rígida, o bé sistemes de peces flotants, com serien les peces tipus bola o planes hexagonals. Aquestes tecnologies estan acceptades com a millors tècniques disponibles (MTD). Per reduir les emissions de metà les cobertes han de ser completes, de forma que es puguin canalitzar els gasos a un cremador o algun sistema que en permeti la valorització energètica.

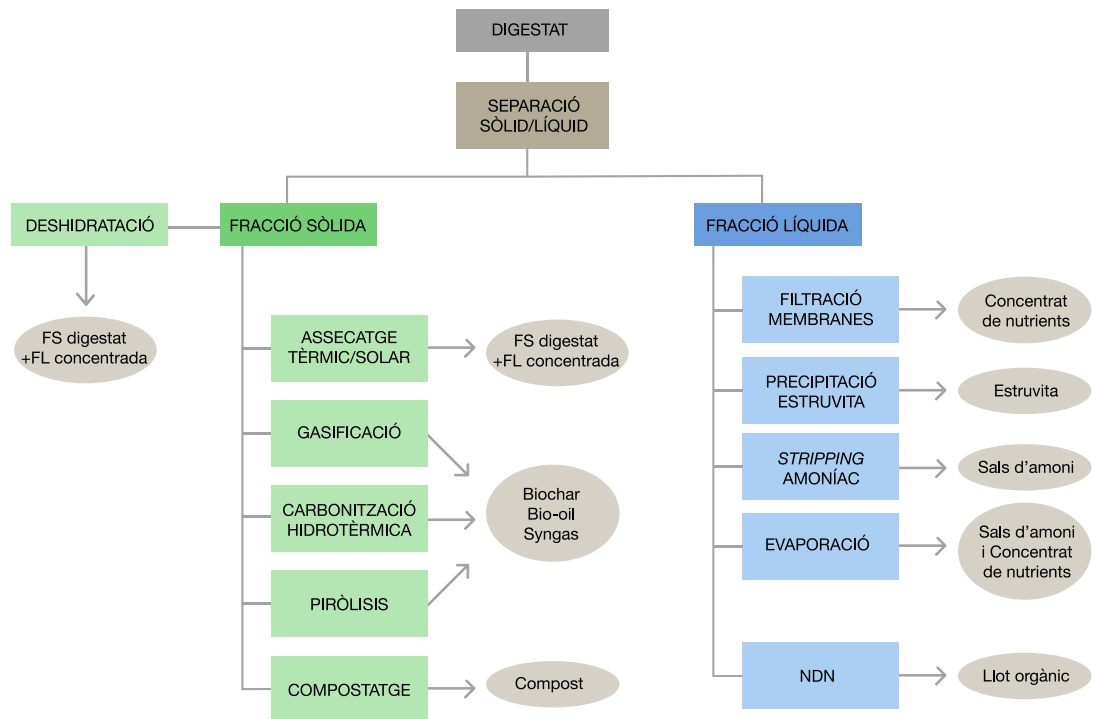
4.2. Tecnologies de tractament del digestat

Existeixen nombroses tecnologies per tractar i valoritzar digestats de diferent procedència. La figura següent mostra alguns dels processos en què aquestes tecnologies estan basades i el tipus de fracció (sòlida o líquida) a la qual s'apliquen. La combinació d'aquestes tecnologies en cascada permet optimitzar la valorització d'un digestat per extreure'n el màxim valor possible de forma viable, tant en termes econòmics com ambientals.

D'entre totes les tecnologies existents per a tractar digestats, les tecnologies de separació sòlid-líquid són les més emprades i essencials, ja que permeten tractar de forma òptima i segregada les fraccions líquida i sòlida obtingudes, generant diversos productes d'interès, com ara fertilitzants minerals i òrgano-minerals, aigua recuperada d'alta qualitat i gasos energètics (gas de síntesi).

Pel que fa a les fraccions sòlides, sovint s'utilitzen tecnologies que permeten compostar-les, assecar-les o transformar-les termoquímicament per a generar compost, fraccions sòlides seques, biochar, biooil i/o gas de síntesi, respectivament.

Principals processos de valorització de digestat (adaptat de Kovvaci)



Els rectangles contenen el nom de la tecnologia i els cercles el nom del producte final obtingut.

En el cas de les fraccions líquides, l'interès recau en aquelles tecnologies que permeten concentrar al màxim el seu contingut en nutrients i/o la generació de productes amb característiques equivalents als fertilitzants químics, els quals s'anomenen RENURE (REcovered Nitrogen from manURE; nitrogen recuperat de dejeccions, per les seves sigles en anglès). Aquests materials es comporten igual que els fertilitzants minerals i, per tant, podrien substituir-los. També és important destacar el potencial de recuperació d'aigua en el tractament del digestat. Entre aquestes tecnologies s'hi troben els filtres de membranes i evaporadors (per concentrar nutrients) i els sistemes de *stripping-scrubbing* per obtenir sulfat amònic (per a obtenir productes fertilitzants minerals). Vàries d'aquestes tecnologies són complementàries, i per assolir materials d'elevada qualitat caldrà utilitzar-ne més d'una en cadena.

A continuació es descriuen les característiques més destacables de les tecnologies esmentades anteriorment per obtenir, primerament, fraccions líquides y sòlides dels digestats i, posteriorment, productes d'interès a partir del tractament d'ambdues.

4.2.1. Tecnologies de separació sòlid-líquid

Les tecnologies que permeten separar la fracció líquida i la fracció sòlida del digestat es classifiquen en tecnologies de separació per mida de partícula, per gravetat, per pressió i per centrifugació, sent aquestes últimes les més emprades pel menor temps de processat i major eficiència de separació. Addicionalment, es poden utilitzar agents químics que ajudin a millorar l'eficiència i temps de separació d'aquestes tecnologies, creant un efecte sinèrgic per acció fisicoquímica. Aquests agents químics reben el nom de coagulants i floculants, i permeten augmentar la mida i densitat de la matèria orgànica col·loidal i particulada, cosa que afavoreix la seva separació del líquid. En el cas de les tecnologies de separació per pressió, sovint s'integren etapes prèvies de separació per mida de partícula, com ara els tamisos rotatoris o estàtics, per obtenir majors rendiments i homogeneïtat de les fraccions líquides i sòlides obtingudes. Com a resultat final, les tecnologies de separació generen:

i) una fracció sòlida, amb un 20-40% de matèria sòlida i rica en matèria orgànica recalcitrant, Ca, Mg i P; i

ii) una fracció líquida, amb un contingut de matèria sòlida entre d'un 1-8%, i que conté les formes solubles de nitrogen, fòsfor i potassi.

Les tecnologies de separació més emprades són la premsa de cargol i el separador centrífug. A continuació es descriuen ambdós sistemes, que avui dia són sistemes consolidats i que es fabriquen i comercialitzen globalment a escala industrial per a diferents tipus d'aplicacions, incloses la separació de fases de digestats i de dejeccions ramaderes líquides i semisòlides (purins de porcí i de boví, per exemple).

>>>> **Premsa cargol**

Les premses de cargol són sistemes senzills que es componen principalment d'un cargol com a element central, connectat a un motor que activa la seva rotació, i instal·lat a l'interior d'un tamís tubular metàl·lic. L'entrada de digestat es realitza per un dels extrems, mentre que l'extrem oposat disposa d'una comporta parcialment oberta que causa un augment de pressió a l'interior del tamís. D'aquesta manera la fracció sòlida del digestat queda retinguda a l'interior del tamís, mentre que la fracció líquida s'allibera a través del tamís cap al seu exterior. La mida de pas dels tamisos pot variar des de 80 micres fins a 600 micres, en funció de l'efluent a tractar i el % de matèria seca que es desitja assolir a la fracció sòlida. Aquest tipus de tecnologies habitualment permet arribar a % de matèria seca en la fracció sòlida de fins al 30 % (p/p).

>>>> **Separador centrífug**

Els separadors centrífugs aprofiten la força centrífuga, com bé indica el seu nom, per a separar les partícules de major densitat d'un corrent líquid o semilíquid. Aquest tipus de tecnologies habitualment requereixen l'addició prèvia de coagulants i/o floculants ja que el seu rendiment de separació augmenta considerablement per la presència de material particulat més gran i dens. L'estructura d'un separador centrífug i una premsa de cargol podrien semblar similars, però el seu

funcionament és totalment diferent. En aquest cas, el digestat s'alimenta a l'interior del sistema, on un cargol central gira a gran velocitat, impulsant els sòlids cap a les parets interiors, cosa que resulta en una separació d'alta eficiència del líquid. Existeixen multitud de configuracions tecnològiques per a separar eficientment fraccions sòlides i líquides de digestat a través de la centrifugació, i les limitacions principals d'implementació d'aquestes tecnologies, són tant el cost d'inversió, com el cost d'operació (consums elèctrics i ús d'agents químics).

4.2.2. Tecnologies d'assecatge i estabilització de fraccions sòlides de digestat

>>>> Assecador tèrmic de cinta, de tambor o solar

L'assecatge tèrmic de la fracció sòlida del digestat té com a objectiu reduir el contingut d'aigua de la fracció sòlida de digestat. És un procés que es realitza en 7-10 dies, facilita el sanejament, l'emmagatzematge i el transport del producte assecat. En molts casos, s'aprofita el calor sobrant en les plantes de biogàs per tal de fer més viable el procés d'assecatge en les mateixes instal·lacions. Aquest procés augmenta el contingut de matèria seca de la fracció sòlida de digestat tractada, però conservant un major percentatge del carboni orgànic (>45 %) i, per tant, està menys estabilitzada. En les explotacions ramaderes europees existeixen diferents sistemes d'assecatge tèrmic, però els més utilitzats són els assecadors de cinta, de tambor o solars. Cal remarcar que el corrent gasós resultant del procés conté pols, amoníac i altres compostos volàtils, fet que fa necessari incorporar un sistema de neteja de gasos per tal de reduir les emissions del sistema i que, a la vegada, permetria recuperar algunes d'aquestes emissions com a productes fertilitzants. Aquest seria el cas de l'amoníac.

>>>> Sistema de compostatge

El compostatge és el procés biològic de descomposició i estabilització de la matèria orgànica en condicions aeròbies (amb presència d'oxigen), en un règim d'operació que permet assolir temperatures termòfiles gràcies a la calor generada pel metabolisme dels microorganismes descomponedors. Amb aquest procés s'obté el compost, un producte amb valor fertilitzant sòlid estable i higienitzat, lliure de patògens i llavors de males herbes, que presenta característiques totalment diferenciades dels materials orgànics frescos de partida. No és un material putrescible i, per tant, no genera pudors quan s'emmagatzema, té un color fosc i en general no s'hi distingeixen les restes del material inicial.

El procés de compostatge es pot aplicar a la fracció sòlida del digestat, però com que aquesta ha patit una biodegradació important i està parcialment estabilitzada, sovint requereix un co-compostatge amb residus orgànics frescos que facilitin l'assoliment de condicions termòfiles necessàries per a assegurar un correcte procés de compostatge.

Les tecnologies per realitzar el procés de compostatge de digestat són tecnologies consolidades, robustes, implementades des de fa dècades i que avui dia es continuen millorant per fer front al repte de la reducció de les emissions de N associades i la generació de pudors.

>>>> Piròlisi, gasificació i carbonització hidrotèrmica

En la digestió anaeròbia, l'eficiència de conversió d'energia és del 33-50%, per la qual cosa es consideraria que la meitat de l'energia resideix encara en el digestat. Així, per tal de millorar l'eficiència energètica, els processos termoquímics podrien ser combinats amb el procés de digestió anaeròbia. Les tecnologies innovadores més emprades per a tractar la fracció sòlida de digestat a través de processos termoquímics són la gasificació, la carbonització hidrotèrmica i la piròlisi. Aquestes tecnologies difereixen en les seves condicions d'operació (temperatura, pressió i humitat), donant com a resultat l'obtenció de productes de valor afegit tals com biocarbó (*biochar*), biooli (*bio-oil*) i el gas de síntesi (*syngas*) i amb la limitació que, en tots els casos, el contingut d'humitat del sòlid per tractar ha de ser inferior al 30%.

Aquestes tecnologies han estat desenvolupades per a d'altres productes similars al digestat. Actualment, varies empreses estan explorant les seves aplicacions en el tractament de digestats, amb resultats prometedors. Existeixen diverses tecnologies a escala de laboratori o pilot i un dels reptes pendents és la seva escalabilitat a nivell industrial.

4.2.3. Tecnologies de tractament de fraccions líquides de digestat

Posteriorment a la separació sòlid-líquid, alguns nutrients i sòlids en suspensió romanen a la fracció líquida, la qual no pot ser abocada directament a llera pública, és a dir, al domini públic hidràulic, a causa que la seva càrrega de matèria orgànica i altres elements donarien lloc a una contaminació del medi hídric, tot incomplint els requisits reglamentaris de la normativa d'aigües. Hi ha diverses tecnologies recomanades per a l'extracció i la valorització de nutrients de la fracció líquida, l'aplicació de les quals depèn de la viabilitat econòmica i mediambiental. A continuació es detallen les principals tecnologies per tal de poder valoritzar els nutrients encara presents a la fracció líquida del digestat obtingut d'un procés de separació sòlid-líquid.

>>>> Filtració per membranes

La filtració per membranes a pressió, que inclou microfiltració (MF), ultrafiltració (UF), nanofiltració (NF) i/o osmosi inversa (OI) és una tecnologia consolidada en el tractament d'aigües residuals. Tot i això, encara no ha demostrat ser una opció sempre viable per al tractament del digestat i de les dejeccions. Poques són les instal·lacions de digestat que han optat per les membranes a gran escala, principalment pels seus costos operatius. No obstant això, els concentrats del procés de filtració són una interessant font de nutrients que poden ser reutilitzats com a substituents de fertilitzants químics rics en N i K. Per altra banda, l'aplicació de tecnologies com la OI permetria l'obtenció d'aigua osmotitzada que podria tenir finalitats agrícoles i de reutilització a les pròpies instal·lacions de la planta. Com que les membranes són molt sensibles als sòlids, generalment es requereix a priori l'ús de sistemes de separació d'alta eficiència conjuminats amb agents floculants en la separació i/o flotació per tal d'obtenir una fracció líquida amb la menor quantitat de partícules.

L'aplicació de sistemes de membrana basats en ultrafiltració (diàmetre de porus 0,1-0,01 μm) i osmosi inversa (diàmetre de porus $< 0,001 \mu\text{m}$) permet obtenir aigua recuperada (fins a un 63%), a partir de la fracció líquida de digestat.

>>>> **Nitrificació-desnitrificació**

Els sistemes de nitrificació-desnitrificació són sistemes que s'empren per a eliminar el nitrogen contingut en el digestat de manera biològica, utilitzant microorganismes nitrificants i desnitrificants. El sistema és senzill i únicament consisteix en un tanc amb una sèrie de difusors d'aire instal·lats a la part interna inferior del tanc per airejar el digestat en cas necessari. El sistema opera de forma seqüencial de manera que és necessari omplir el tanc, realitzar el procés de nitrificació-desnitrificació, sedimentar el llot biològic format (barreja de microorganismes i matèria orgànica sedimentable) i descarregar el sobrenedant líquid.

El procés de nitrificació-desnitrificació consisteix en dues etapes. La primera etapa del procés és la nitrificació durant la qual el nitrogen amoniacal s'oxida a nitrat sota condicions aeròbies. La segona etapa permet reduir el nitrat, en absència d'aire, a nitrogen gas. És d'aquesta manera que s'aconsegueix eliminar entre un 60% i un 80% del nitrogen amoniacal en un únic sistema. El procés de nitrificació-desnitrificació, tot i que és conegut i les tecnologies per a portar-lo a terme han estat establertes i són consolidades, és un procés que comporta la pèrdua d'un nutrient tan valuós com és actualment el nitrogen.

>>>> **Evaporació tèrmica i al buit**

Els sistemes d'evaporació es poden realitzar aplicant calor, aplicant pressió al buit o aplicant ambdues. L'objectiu de tractar una fracció líquida de digestat a través de l'evaporació pot ser el de concentrar el seu contingut en nutrients, reduir el seu volum i/o extreure productes de la fracció líquida que per separat poden ser més valuosos al mercat. Aquest últim seria el cas de l'amoníac que, un cop extret per evaporació al buit de la fracció líquida de digestat, es pot absorbir en una solució àcida resultant en un fertilitzant com el sulfat amònic o el nitrat amònic. En el cas que el nitrogen extret no es vulgui recuperar, sí que es pot recuperar l'aigua evaporada en forma de condensat per a ser reutilitzada a les pròpies instal·lacions un cop tractat el seu contingut en matèria orgànica i nitrogen. Els sistemes d'evaporació en general són sistemes intensius en termes energètics que poden generar emissions de nitrogen amoniacal i olors si prèviament no s'hi han aplicat les mesures correctores necessàries, però que a la vegada presenten alts rendiments de concentració de soluts i recuperació d'aigua.

>>>> **Tecnologies d'arrossegament i rentat de gasos (stripping-scrubbing)**

En el procés de stripping de l'amoníac, s'introdueix aire, vapor o fins i tot biogàs en torres de *stripping* equipades amb compressors, cosa que provoca que el digestat flueixi en sentit contrari. Aquesta operació transforma l'amoníac (NH_3) d'estat líquid a fase gasosa. Posteriorment, el gas es transporta a un rentador d'aire on es produeix una transferència de massa que condueix a l'absorció de l' NH_3 del gas a una fase líquida (generalment amb ús d'àcid sulfúric, tot i que es pot fer servir àcid nítric).

Durant aquesta etapa, es formen solucions concentrades de sulfat d'amoni o nitrat d'amoni que es poden recuperar com a productes finals. Tot el procés sol mantenir un nivell de pH superior a 9 i opera a temperatures superiors a 20 °C. El sulfat d'amoni és una sal inorgànica amb l'avantatge de ser utilitzat com a fertilitzant comercialitzable, ric en macronutrients fàcilment disponibles, concretament nitrogen (N) i sofre (S). Com a tal, constitueix una alternativa valuosa i sostenible als fertilitzants químics derivats de recursos fòssils. Aquest procés està àmpliament implantat a escala mundial i representa el mètode més utilitzat per a la recuperació de nitrogen.

>>>> **Precipitació d'estruvita**

La precipitació d'estruvita és un mètode emprat per recuperar fosfat soluble i nitrogen amoniacal (NH_4^+) mitjançant la introducció de sals de magnesi, que es combinen per formar un compost insoluble conegut com a fosfat amònic magnèsic o estruvita ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). L'estruvita és una substància cristal·lina blanca de naturalesa lleugerament alcalina, composta per magnesi (Mg), amoni (NH_4^+) i fòsfor (P) en proporcions molars iguals d' 1:1:1. L'estruvita és un excel·lent fertilitzant a causa de la seva baixa solubilitat en aigua, cosa que provoca un alliberament gradual de nutrients al sòl. La formació d'ions lliures NH_4^+ , Mg^{2+} i PO_4^{3-} depèn significativament de la concentració d'ions hidrogen (H^+), per la qual cosa el pH és un paràmetre crucial per controlar la formació d'estruvita. Tot i que la solubilitat mínima de l'estruvita se situa en un pH de 10, la cristal·lització també es pot produir a nivells de pH inferiors a 8.

Els reptes principals de la precipitació d'estruvita tenen a veure amb els costos associats a les sals de magnesi i els agents alcalins utilitzats per ajustar el pH, cosa que fa que el procés resulti menys atractiu des del punt de vista econòmic. Tot i això, hi ha la possibilitat d'explorar l'ús de fonts de magnesi de baix cost, com ara la sal derivada de l'aigua de mar o els residus de la dessalinització (salmorra). Cal destacar que, tot i que l'estruvita ha estat reconeguda com a fertilitzant adequat per a diverses aplicacions a camp, encara no se n'ha explorat àmpliament tot el potencial agronòmic.

Independentment del tractament realitzat, un dels objectius dels tractaments és poder obtenir un producte valoritzable com a fertilitzant. Depenent del mercat de destinació, la proporció relativa entre els nutrients i la seva absorció pot ser diferent. En aquest sentit, no s'hauria d'oblidar la producció de fertilitzants òrgano-minerals introduint nutrients per equilibrar la dosi i/o estimulants per a la seva millor absorció i aprofitament.

4.3. Anàlisi tecnològica (escalat, aplicabilitat, costos energètics) i econòmica (cost d'inversió i cost d'operació vs. beneficis) de les tecnologies de tractament del digestat

La major part de les tecnologies presentades amb anterioritat per valoritzar el digestat són tecnologies existents a escala industrial i que ja s'han implementat per a aquesta aplicació en concret. Tot i això, algunes d'elles són tecnologies emergents amb un recorregut curt, comparat amb les tecnologies consolidades com la separació sòlid-líquid o el compostatge, i que requereixen un assessorament i seguiment tècnic durant la seva selecció, implementació, posada en marxa i operació inicial. En global, alguns dels reptes observats en aquest sentit són:

- Les tecnologies que presenten més potencial per ser aplicades en el tractament del digestat són tecnologies amb marge de millora pel que fa a les emissions d'amoniac i olors i als consums energètics, principalment.
- En el cas de les tecnologies que permeten recuperar productes RENURE, l'optimització del seu funcionament per arribar a concentracions comparables amb els seus homòlegs minerals és avui dia un repte addicional a la demostració de la seva seguretat i eficiència agronòmica.
- L'estimació de costos per a aquests tipus de processos és difícil, ja que hi ha grans incerteses sobre les inversions industrials i els costos operatius. A més, les despeses operatives solen ser específiques de cada emplaçament i estan molt influïdes per les condicions de contorn. Tot i que és possible tenir valors de referència d'acord amb casos d'estudi citats en bibliografia científica, seria necessari disposar de dades més robustes relacionades amb els costos de manteniment, consums energètics i dedicació de personal reals a llarg termini.
- El cost d'operació del tractament mitjançant membranes, especialment per Ol, és difícil de determinar perquè depèn de la freqüència de neteja de les membranes i el seu reemplaçament.
- És necessari comptar amb eines legals que protegeixin els usuaris finals a través de garanties de funcionament de les tecnologies comercialitzades per al tractament del digestat, principalment en termes de rendiment, necessitats d'operació, consum energètic i cost de manteniment.
- Vist tot l'anterior, seria molt interessant poder promoure una eina que ajudés a les empreses a pronosticar els costos d'inversió i operació. D'aquesta manera es reduiria la incertesa de recuperació de la inversió.

5. Bioproductes obtinguts a partir del digestat i estratègies de valorització

Depenent de la tecnologia de tractament utilitzada s'obtingran diferents bio-productes amb característiques variades. Per escollir quin material interessa produir, caldrà fer un estudi de la demanda d'aquest, el cost de producció, de transport i aplicació, i el possible preu de venda. A continuació, es detalla la varietat de productes que es poden obtenir a partir del digestat.

5.1. Digestat sec

L'assecatge del digestat s'aplica principalment per reduir la massa del digestat, i en conseqüència, per reduir també els costos d'emmagatzematge i transport. Ara bé, cal tindre present que es perdrà una quantitat d'aigua que potser hauria pogut ser reaprofitada.

A més, l'assecatge tèrmic també pot complir els requisits d'higiene quan una temperatura mínima de 70 °C s'aplica durant almenys una hora per inactivar els patògens. Així, l'assecatge proporciona un producte final sec o molt més sec (al voltant d'un 5-10%), que es pot transportar i emmagatzemar fàcilment. No obstant això, l'assecatge pot induir alguns canvis en el valor nutricional del digestat per la pèrdua de nitrogen en forma d'emissions amoniacals. Com s'observa a la taula de més avall, el digestat sec sol assolir valors de matèria seca al voltant del 90% independentment del seu origen. Tot i això, el contingut de nutrients no només depèn de l'origen del digestat, sinó també de la tecnologia d'assecatge emprada. De manera general, se solen trobar continguts de nitrogen i fòsfor més elevats en digestats secs provinents de dejeccions. En digestats secs d'origen lignocel·lulòsic, com ho són els residus agroindustrials, se solen assolir valors significativament més baixos.

El digestat assecat, com el fang d'EDAR assecat, és un material que, degut a aquesta extrema sequedat, presenta una quantitat important de pols, i aquestes característiques li confereixen una problemàtica addicional: d'una banda, la pols present durant la seva manipulació; de l'altra, les característiques d'inflamabilitat d'aquest tipus de pols, que poden donar lloc a fenòmens de combustió espontània (o autocombustió).

El digestat sec posseeix característiques que el fan apte com a biofertilitzant i el seu ús es va estenent gràcies als avantatges que té respecte a l'emmagatzematge i transport en comparació amb el digestat sense processar. No obstant això, es requereix que es mantingui en condicions d'humitat controlades, altrament podria perdre les característiques originals a causa de processos de degradació, alhora que produir emissions gasoses. A dia d'avui, es comercialitzen diferents productes pel·letitzats a base de digestat sec, obtinguts, usualment, a partir de processos amb diversos substrats en comptes de matèries primeres individuals.

5.2. Compost

L'estratègia més utilitzada per poder fer ús de la fracció sòlida del digestat és la transformació biològica per mitjà del procés de compostatge. En aquesta, el material final obtingut, el compost, és prou estable per a un emmagatzematge i manipulació sense molèsties, higienitzat o parcialment higienitzat.

Tot i que el compostatge és un procés que es pot dur a terme amb materials individuals, a la pràctica se solen integrar almenys dos materials amb característiques complementàries, cosa que passa normalment amb el processament del digestat. D'aquesta manera, el digestat sol processar-se en combinació amb altres fraccions sòlides com són els residus de la indústria alimentària o fangs. El producte obtingut a partir del compostatge és un material amb alt contingut de matèria orgànica rica en compostos húmics i fúlvics, amb una humitat reduïda, i limitada quantitat d'impureses que pot ser una esmena ideal per a usos agrícoles, o pot actuar fins i tot com un biofertilitzant si el contingut de nutrients compleix els requisits associats. En qualsevol cas, el producte obtingut depèn de moltes variables tant del mateix procés, com del propi origen del digestat i de com s'ha integrat amb altres materials. A la taula següent s'observen les principals característiques fisicoquímiques del compost obtingut a partir de diverses fraccions sòlides que contenen digestat.

Actualment, el compost obtingut a partir de digestat és una opció comercial en un estat avançat de desenvolupament. Tant a nivell local com europeu, hi ha instal·lacions de processament de barreges amb digestat que operen sota diferents enfocaments, així com amb diferents capacitats de processament. Es pot estimar que a la UE es tracten 4,4 milions de tones de bioresidus en plantes combinades de DA i compostatge (aproximadament el 9% de tots els bioresidus tractats).

Característiques del digestat sec i el compost

Caracterització de productes obtinguts a partir de la fracció sòlida del digestat

Producte	Origen del digestat	Matèria seca (%)	Carboni (% ms)	Nitrogen (g/kg ms)	Fòsfor (g/kg ms)
Digestat assecat	Fangs de depuradora ^[a]	85-95	30-40	20-31	10-12
	Purí i residus de la indústria alimentària ^[a,b]	85-90	25-40	32-75	11-15
	Indústria alimentària ^[b]	90-95	>30	12-14	8-11
Compost	Purí i residus de la indústria alimentària ^[c,d,e]	30-40	29-45	28-32	-

^[a] Salamat, R. et al. (2020); ^[b]Morey, L. et al. (2023); ^[c] Dades obtingudes de plantes industrials de compostatge ubicades a Catalunya; ^[d] Tambone, F. et al. (2015); ^[e] Czekala, W. et al. (2023)

5.3. Productes obtinguts per tecnologies de transformació termoquímiques

El digestat conté entre un 15 i un 55% de carboni, contingut suficient per servir com a precursor per a la producció de compostos a base de carboni. Així, la digestió anaeròbia es pot integrar amb processos com la piròlisi, la gasificació i la carbonització hidrotèrmica per produir biocarbó, biocombustibles o hidrocarbó (hydrochar) a costos reduïts. Per a una bona eficiència d'aquestes tecnologies de transformació termoquímiques cal rebaixar el nivell d'humitat del digestat. Els biocarbons derivats del digestat obtinguts amb piròlisi poden tenir aplicacions àmplies com a adsorbent per a materials tòxics, matèries orgàniques i antibiòtics, com a agent de captura de CO_2 , o com a suport de catalitzador o precursor de nanopartícules (Cesaro, 2021), però la principal aplicació desenvolupada és el seu ús en agricultura com a millorant de la qualitat del sòl. Per altra banda, amb la gasificació es pot obtenir, a més de biocarbó, gas de síntesi (combustible). Finalment, amb carbonització hidrotèrmica de digestat s'obté un material semblant al biochar (hydrochar) amb característiques anàlogues, un material líquid (aquós) ric en compostos orgànics solubles, i una fracció gasosa (principalment CO , CO_2 i H_2) (Wang et al., 2023). Durant els últims anys, el biocarbó ha rebut creixent atenció a causa del seu potencial en diversos camps, com ara la millora de la qualitat del sòl i de l'aigua, mitigació del canvi climàtic i producció d'energia. Això no obstant, l'ús d'aquests productes no és generalitzat i està en una etapa de desenvolupament encara limitada a proves pilot i execució de petits projectes (Palansooriya et al., 2023).

5.4. Combustibles

Els hidrats de carboni residuals en digestats amb origen agrícola són substrats ideals per produir sucres i alcohol. En general, més del 90% de l'hemicel·lulosa/cel·lulosa d'aquestes fraccions roman en el digestat sòlid i podria recuperar-se mitjançant pretractaments hidrotèrmics amb vapor a altes temperatures (180 °C) seguit de processos enzimàtics i fermentatius. Integrar el procés de fermentació del bioetanol amb la digestió anaeròbia beneficia el procés en termes d'eficiència energètica, a causa de la producció d'energia intensiva en etanol i metà (Wang et al., 2023). L'ús de pèl·lets de digestat com a combustible sòlid s'ha explorat tècnicament i ja s'està practicant. Kratzeisen et al. (2010) van trobar que la composició química i les propietats físiques dels pèl·lets de combustible digestat depenen de la barreja de substrats utilitzats com a matèria primera per a la producció de biogàs. Però es va trobar que, en general, després de l'assecatge, els digestats es podrien premsar en pèl·lets sense additius que compleixin els requisits de durabilitat mecànica. El combustible produït presenta un poder calorífic comparable al de la fusta, de manera que serviria com a alternativa recuperada per a aquest material i per als combustibles fòssils.

5.5. Altres productes de valor afegit

Les característiques del digestat el converteixen en una matèria primera amb potencial per a l'obtenció de diversos bioproductes. Per exemple, el seu contingut de nutrients permet el seu ús com a mitjà de cultiu d'una gran varietat de micro-organismes (bacteris i fongs, principalment), però també per al cultiu d'insectes. D'altra banda, és un material susceptible de ser transformat en productes de valor afegit com són els bioplàstics (Chen et al., 2020), biopesticides (Mejias et al., 2020), o enzims (Mejias et al., 2018) mitjançant processos fermentatius, principalment en fase sòlida. Finalment, el digestat pot ser transformat en compostos base (building blocks) essencials per a altres processos com són els àcids grassos volàtils o els sucres fermentables.

5.6. Fertilitzants líquids

El digestat, caracteritzat per un contingut en matèria seca del 4-10% i un alt contingut en nutrients, s'utilitza com a precursor per a la producció de diferents productes líquids amb valor agronòmic. Tot i que la fracció líquida de digestat obtinguda mitjançant l'aplicació de tecnologies de separació sòlid-líquid com ara centrífuga, separador tipus cargol o filtre premsa presenta un significatiu contingut en nitrogen (fins a 4,5 g N-NH₄⁺/L depenent de l'origen dels substrats tractats durant la digestió anaeròbia) (taula 10), el seu alt contingut en aigua (> 95%) pot suposar una limitació a l'hora d'aplicar-la en altres zones deficitàries de nutrients situades a mitja-llarga distància a causa dels elevats costos associats al seu transport. En aquest sentit, actualment la fracció líquida de digestat es valoritza a través de diferents tecnologies ja existents en el mercat (vegeu secció 5) amb l'objectiu de produir productes líquids concentrats rics en nutrients, sulfat amònic líquid i estruvita, així com recuperar aigua amb potencial de ser reutilitzada tant en usos agrícoles com altres usos industrials.

5.6.1 Producte concentrat ric en nutrients

Producte líquid ric en nutrients obtingut durant el tractament de la fracció líquida de digestat mitjançant l'aplicació de tecnologies com ara sistema de membranes (ultrafiltració acoblada a osmosi inversa) o evaporació al buit. El contingut en nitrogen, fòsfor i potassi dels productes obtinguts està condicionat per l'origen del digestat, però l'aplicació d'aquestes tecnologies a escala industrial ha permès obtenir productes amb un contingut en nitrogen de fins a 10 g N-NH₄⁺/L. A causa de les característiques dels productes obtinguts amb ambdues tecnologies, aquests poden ser utilitzats directament com a fertilitzants líquids en agricultura o utilitzats com a suplement per a la producció de biofertilitzants sòlids a partir de la fracció sòlida de digestat seca.

5.6.2. Sulfat amònic líquid

És un producte líquid obtingut durant el tractament de la fracció líquida de digestat mitjançant l'aplicació de *stripping-scrubbing*. Tot i que el rendiment de la tecnologia per a la recuperació de nitrogen està condicionat per l'origen del digestat, l'aplicació d'aquesta tecnologia a escala industrial ha permès obtenir un producte amb valor agronòmic amb un contingut en nitrogen de fins a 30 g $\text{N-NH}_4^+/\text{L}$ a partir de digestat d'origen agro-ramader. Depenent de les necessitats de l'usuari final, el producte pot ser cristal·litzat i deshidratat per obtenir un producte sòlid.

5.6.3. Estruvita

És un producte sòlid, també denominat fosfat d'amoni-magnesi, caracteritzat per un alt contingut en fòsfor i nitrogen i obtingut durant el tractament de la fracció líquida de digestat mitjançant l'addició de sals de magnesi (p. ex., clorur de magnesi) per precipitar el fòsfor i amoni dissolts en la fracció líquida de digestat. La precipitació d'estruvita permet recuperar fins a un 20% de l'amoni i un 80% del fòsfor continguts en la fracció líquida de digestat.

5.6.4. Característiques dels materials fertilitzants obtinguts de la fracció líquida del digestat

La següent taula inclou la caracterització físicoquímica de fertilitzants líquids obtinguts a partir de digestat en plantes industrials de digestió anaeròbia de residus de la indústria ramadera i agroalimentària.

Caracterització de productes obtinguts a partir de la digestat

Fertilitzants líquids	Origen del digestat	Matèria seca (%)	Nitrogen (g N-NH ₄ ⁺ /L)	Fòsfor (mg/L)	Potassi (g/L)
Fracció líquida de digestat	Purí i residus de la indústria alimentària ^[1]	0,3 - 0,6	3,5 - 4,5	71 - 123	1,4 - 2,6
	Residus ramaders i agroindústries ^[2]	3,5 - 5,4	1,8 - 3,6	500 - 1000	-
Producte concentrat (membranes)	Purí i residus de la indústria alimentària ^[1]	1,3 - 2,2	6,8 - 10,0	8 - 118	2,1 - 3,4
Producte concentrat (evaporació)	No definit ^[3]	10-12	8,0 - 10,0 ^(*)	800 - 1200	-
Sulfat amònic líquid	Purí, fems de boví, cultius ^[4]	-	20 - 28	-	-
Estruvita	No definit ^[5]	-	20 ^(**)	80 ^(**)	-

^[1] Dades obtingudes de plantes industrials de digestió anaeròbia ubicades a Catalunya; ^[2] Tambone, F. et al. (2017); ^[3] Drosch, B. et al. (2015); ^[4] Bolzonella, D. et al. (2018). Nutrients recovery from anaerobic digestate of agro-waste: Techno-economic assessment of full scale applications. Journal of environmental management 216: 111-119. ^[5] Multiform Harvest (Seattle, USA)

^(*) Expressat com a nitrogen total.

^(**) Expressat en percentatge de recuperació respecte a la concentració inicial al digestat.

5.7. Productes organominerals

Els fertilitzants organominerals són la combinació d'un o varis productes orgànics estabilitzats amb suplementes minerals, per equilibrar la relació de nutrients de cara a afavorir una fertilització més adaptada a cada cultiu i/o situació.

Reduir el nombre d'aplicacions en parcel·la és un objectiu important per a l'agricultor pels costos monetaris, de temps i, en alguns casos, de destrucció de massa vegetal i compactació del sòl (roderes del tractor/cisterna). En aquest sentit, cada cop té més importància poder adaptar aquells fertilitzants a totes les necessitats de nutrients del cultiu.

En el moment en què es disposa d'un producte fertilitzant orgànic estabilitzat, caracteritzat i en alguns casos concentrat, és més fàcil poder suplementar-lo amb algun producte mineral i/o biològic per tal que el cultiu pugui aprofitar-lo millor i, per tant, optimitzar la seva producció.

5.8. Aigua recuperada

El digestat es caracteritza per un contingut en sòlids totals del 4-10%. Per tant, l'obtenció d'aigua recuperada a partir de digestat és una estratègia que ha de ser potenciada amb l'objectiu d'assegurar la disponibilitat i qualitat de recursos d'aigua alternatius a l'aigua dolça en activitats que no requereixin la qualitat d'aigua potable, especialment en regions sotmeses a estrès hídric com és el cas de Catalunya.

L'aplicació de sistemes de membrana basats en ultrafiltració (diàmetre de porus 0,1-0,01 µm) i osmosi inversa (diàmetre de porus < 0,001 µm) permet obtenir aigua recuperada (fins a un 63%), a partir de la fracció líquida de digestat. Aquesta aigua està lliure de patògens com ara *Escherichia coli*, *nematodes intestinals* i *Salmonella spp*, té una baixa conductivitat elèctrica (200-500 µS/cm) i presenta un contingut en matèria orgànica inferior a 60 mg O₂/L (expressada com a DQO) i un contingut en nitrogen entre 60 i 300 mg N-NH₄⁺/L (taula següent). En cas d'aplicació de sistemes d'evaporació al buit durant el tractament de la fracció líquida de digestat, s'obté aigua recuperada (fins a un 60%) caracteritzada per l'absència de patògens, baixa conductivitat (300-500 µS/cm), baixa terbolesa (10-30 NTU) i un baix contingut en nitrogen (< 400 mg N-NH₄⁺/L).

Caracterització de l'aigua recuperada a partir de digestat

Aigua recuperada	Origen del digestat	Conductivitat (µS/cm)	Terbolesa (NTU)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	DQO (mg/L)
Sistema de membranes UF + OI	Purí i residus de la indústria alimentària ^[1]	200-500	5-20	60-200	10-50
Evaporació al buit	No definit ^[2]	-	-	300-320	50-60
	Purí ^[1]	300-500	10-30	100-400	130-240
	No definit ^[2]	-	-	30 – 50 ^(*)	< 1000

^[1] Dades obtingudes de plantes industrials de digestió anaeròbia ubicades a Catalunya; ^[2] Drosch, B. et al. (2015);

^(*) Expressat com a nitrogen total.

6. Marc polític i legislatiu referent al digestat i la seva gestió

En aquest apartat es repassen les diferents polítiques i estratègies que tenen alguna relació amb el digestat, especialment amb la seva gestió. Moltes d'aquestes estan relacionades amb l'impuls i la promoció del sector de les energies renovables, i en concret del biogàs. I d'altres són les que aborden aspectes d'impacte ambiental i de bioeconomia circular, entre altres.

Per acompanyar la necessitat i l'interès en la promoció de les energies renovables, s'han generat iniciatives i estratègies polítiques a tots els nivells administratius. Concretament, en l'entorn europeu, trobem les Directives (UE) 2023/2413 (RED III) i 2018/2001 (RED II), relatives al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables, l'Estratègia de la UE sobre el metà, el paquet Fit-for-55 i el Pla REPowerEU. En l'entorn estatal, trobem el Pla nacional integrat d'energia i clima 2021-2030 (PNIEC) (revisió 2023-2030), la Llei 7/2021 de canvi climàtic i transició energètica i el Full de ruta del biogàs. Finalment, a Catalunya, trobem la Llei 16/2017 del canvi climàtic, l'Estratègia catalana del biogàs 2023-2030 i Pla d'acció i la Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó 2050 (PROENCAT) i el Pla integrat d'energia i clima de Catalunya 2030 (PINECCAT 2030).

En la majoria d'aquests plans estratègics i polítics se cita el biogàs, situant-lo com una font d'energia renovable clau per la transició energètica i la lluita contra el canvi climàtic. Tanmateix, la gestió de l'altre principal subproducte generat en el procés de digestió anaeròbia, el digestat, no acostuma a prendre gaire protagonisme. No obstant, per tal de fer viable el desplegament de plantes de biogàs (i biometà) d'una manera sostenible és necessari assegurar un marc que permeti una gestió correcta del digestat. Aquest requisit esdevé un element imprescindible en qualsevol territori, però especialment en aquells amb alta densitat de producció de residus i subproductes orgànics i insuficient superfície agrària disponible per a la seva aplicació (veure apartat *Cadena de valor actual del digestat al territori*).

D'altra banda, es troben aquelles polítiques i estratègies centrades en la disminució de l'impacte ambiental de les activitats antropogèniques i en la reducció de la dependència de recursos d'origen fòssil i no renovables. Les més rellevants que poden interpellar el digestat són:

i) a nivell europeu: el Pacte verd europeu, en especial l'Estratègia "De la granja al a taula"; el Pla d'acció per a l'economia circular; el Pla d'acció per a la bioeconomia; l'Estratègia de la UE per reduir les emissions de metà, i la política agrària comuna (PAC).

ii) a nivell estatal: En l'àmbit estatal: l'Estratègia espanyola d'economia circular ("España Circular 2030"); l'Estratègia de descarbonització a llarg termini (ELP 2050, per les sigles en castellà); el Programa nacional de control de la contaminació atmosfèrica; el Full de ruta del biogàs, i el Pla nacional de depuració, sanejament, eficiència, estalvi i reutilització (Plan DSEAR, per les sigles en castellà)

iii) a nivell català: l'Estratègia de bioeconomia de Catalunya (EBC) 2030 i el Pla de qualitat de l'aire Horitzó 2027, entre altres

Aquestes documents expressen la voluntat política i social de reduir l'impacte ambiental de les activitats antropogèniques, principalment enfocada a reduir la generació de residus i d'emissions de GEH i d'amoníac, però també la de millorar la qualitat dels sòls i de les aigües (estratègia temàtica de protecció dels sòls, directiva del monitoratge dels sòls, estratègia europea per a la biodiversitat el 2030, etc.), així com minimitzar l'impacte en la biosfera. Alhora, també es posa de manifest la voluntat de reduir la dependència de recursos d'origen fòssil i no renovables, mitjançant l'aprofitament de recursos existents a través de la bioeconomia circular i generant bioproductes d'origen renovable.

6.1. Legislació del digestat a nivell europeu, espanyol i català

El digestat apareix sovint en les legislacions europees, espanyoles i catalanes, sobretot en les més recents. La legislació que afecta el digestat és, principalment, aquella que fa referència a la nutrició dels sòls, a la producció de fertilitzants, a la gestió de residus orgànics, a la gestió de fangs de depuradora d'aigües residuals urbanes i a la recuperació d'aigua.

A continuació s'entra en detall en els aspectes legals en cada un dels àmbits de gestió i aplicació del digestat i els seus derivats.

6.1.1. Legislació sobre aplicació directa a camp amb criteris agronòmics

Com s'ha comentat en l'apartat *Cadena de valor actual del digestat al territori*, en l'actualitat la gestió principal del digestat consisteix en la seva aplicació directa a camp. Es consideren diferents escenaris:

>>>> Digestat de planta de biogàs que tracta exclusivament dejeccions ramaderes en origen

Hi ha granges que disposen de plantes de digestió anaeròbia on només es tracten les pròpies dejeccions ramaderes, sovint acompanyades de palla o altres materials naturals agrícoles o silvícoles no perillosos. La legislació que aplica a Catalunya en l'actualitat és:

- el Reial decret 1051/2022, sobre nutrició sostenible dels sòls,
- el Decret 153/2019, sobre la gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes.

En aquest cas, el digestat continua tenint la consideració de dejecció ramadera, ja que és un tractament en origen.

Principalment, caldrà justificar el destí dels digestats mitjançant un pla de gestió de dejeccions ramaderes, portar un llibre de gestió i efectuar la declaració anual de nitrogen (DAN). En les diferents normatives, s'indiquen els criteris mínims per poder aplicar el digestat al sòl.

>>>> Digestat de planta de biogàs gestora de residus

Les plantes de digestió anaeròbia que tracten dejeccions ramaderes de diferents explotacions i/o altres tipus de residus (bioresidus de recollida selectiva de resi-

us municipals, residus agroalimentaris, etc.) s'han de registrar com a gestors de residus. En aquest cas, el digestat es considera un residu. Cal tindre en compte la següent normativa:

- el Reial Decret 1051/2022, sobre nutrició sostenible dels sòls,
- el Decret 153/2019, sobre la gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes.
- la Llei estatal 7/2022 de residus i sòls contaminats per a una economia circular,
- el Decret 152/2017, sobre la classificació, la codificació i les vies de gestió dels residus a Catalunya,
- el Decret 93/1999, sobre procediments de gestió de residus.

D'aquestes regulacions s'extreu que, per a aplicació a camp, la via d'operació de gestió de digestat utilitzada és la codificada com a R10-“Reciclatge per a aplicació a camp”. De fet, la Llei estatal 7/2022 preveu aquestes subvies:

- R1001 Valorització de residus en sòls agrícoles i en jardineria.
- R1002 Valorització de residus per a la restauració de sòls degradats.

>>>> **Digestat de fangs de depuradora**

En el cas que es digereixin fangs de depuradora d'aigües residuals urbanes i/o fangs agroindustrials, sols o barrejats amb altres residus, s'ha de considerar la següent normativa:

- el Reial Decret 1051/2022, sobre nutrició sostenible dels sòls,
- el Decret 153/2019, sobre la gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes.
- la Llei estatal 7/2022 de residus i sòls contaminats per a una economia circular,
- el Decret 152/2017, sobre la classificació, la codificació i les vies de gestió dels residus a Catalunya,
- el Decret 93/1999, sobre procediments de gestió de residus.
- el Reial Decret 1310/1990 i l'Ordre AAA/1072/2013, pels quals es regula la utilització de fangs de depuradora al sector agrari, pel que fa als límits de metalls pesants, entre altres aspectes
- el Protocol de seguiment de metalls pesants en els fangs d'EDAR

>>>> **Material SANDACH**

D'altra banda, en el cas que el digestat inclogui material SANDACH, la normativa aplicable és la següent:

- el Reial Decret 1051/2022, sobre nutrició sostenible dels sòls,
- el Decret 153/2019, sobre la gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes.
- la Llei estatal 7/2022 de residus i sòls contaminats per a una economia circular.
- el Decret 152/2017, sobre la classificació, la codificació i les vies de gestió dels residus a Catalunya,
- el Decret 93/1999, sobre procediments de gestió de residus.

- el Reglament (CE) 1069/2009, pel qual s'estableixen les normes sanitàries aplicables a SANDACH,
- el Reglament (UE) 142/2011, que estableix disposicions d'aplicació del Reglament (CE) 1069/2009,
- el Reial Decret 1528/2012, el qual estableix les condicions d'aplicació de la normativa SANDACH.

Aquestes normatives també estableixen uns requeriments especials de traçabilitat que afecten al productor, al transportista i al receptor d'aquests materials.

>>>> **Productes derivats del digestat**

Els productes obtinguts del tractament del digestat (concentrats, fraccions sòlides, fraccions líquides, entre altres) també es poden aplicar directament a camp amb criteris agronòmics i els aplica la mateixa regulació que la que aplica al digestat del qual provenen.

>>>> **Capacitats emmagatzematge necessària per una correcta gestió agrària**

En el cas que les instal·lacions que produeixen digestat o fraccions resultats del seu tractament vulguin gestionar-les agrícolament, han de disposar d'una autonomia d'emmagatzematge suficient per quan l'aplicació agrícola no es pugui dur a terme, ja sigui perquè el cicle del cultiu no ho permet o no ho fa adient (regulat al Decret 153/2019), o per condicions meteorològiques adverses. La normativa aplicable és:

- Decret 153/2019.
- Reial Decret 1051/2022, sobre nutrició sostenible dels sòls agraris.
- Norma Tècnica per a la Gestió Agrícola del Digestat (en revisió).

6.1.2. Legislació aplicable a la valorització i comercialització dels derivats de digestat com a producte fertilitzant

El tractament del digestat permet obtenir productes amb valor agronòmic comercialitzables com a productes fertilitzants. Aquesta via afavoriria el transport dels nutrients del digestat fora de zones amb elevada producció de residus orgànics, cap a zones amb necessitat d'importació de fertilitzants (per a més detall, veure la secció Cadena de valor actual del digestat al territori).

En funció de les seves característiques, aquests productes es poden classificar principalment com a adobs orgànics, esmenes orgàniques, substrats i bioestimulants, sense descartar els fertilitzants minerals i els òrgano-minerals.

Primerament per poder comercialitzar els digestats procedents de residus com a productes fertilitzants cal que el digestat assoleixi la condició de fi de residu. En el cas que aquest digestat contingui algun residu SANDACH, cal assolir també el que s'anomena punt final en la cadena de fabricació.

>>>> **Fi de Condió de Residu (FCR)**

Els criteris de fi de condició de residu (FCR) acceptats tant pel Reglament de fertilitzants UE com pel Reial decret de fertilitzants espanyol s'acullen a la Directiva de residus europea.

En referència als processos de valorització, recollits a l'Annex II de la Llei 7/2022, els residus digeribles anaeròbiament són valoritzats segons la via de gestió R0302-“Digestió anaeròbia” quan són tractats en “Instal·lacions de digestió anaeròbia de bioresidus i altres residus digeribles anaeròbicament recollits separatament”.

En el cas de produir fertilitzants estatals amb residus inclosos en el Reglament 2019/1009, la disposició addicional 22a de la Llei estatal 7/2022 explicita que els criteris de FCR que cal seguir són els definits pel Reglament europeu de fertilitzants. I l'article 28.3 de la mateixa Llei estableix que els criteris de FCR del compost i del digestat són els establerts al Reglament 2019/1009. En el cas del digestat, aquests criteris estan detallats a l'annex II, part II (CMC5: DIGESTAT) del Reglament 2019/1009).

Per tant, a la pràctica, per elaborar amb el digestat fertilitzants inclosos al Reial decret 506/2013, només es poden utilitzar aquells residus que permet per al digestat el Reglament (UE) 2019/1009 de fertilitzants. Així, es limitaria al digestat que provingués de residus vegetals, residus agroalimentaris, fracció orgànica municipal provinent de recollida selectiva i dejeccions ramaderes.

En canvi, no s'admetria digestat que contingués fangs de depuradora: atès que el Reglament europeu exclou del digestat els fangs de depuradora, fangs industrials i fangs de dragatge, els fangs no poden assolir la FCR, excloent-se completament el seu ús com a material per a fabricar productes fertilitzants tant amb marcatge CE com amb marcatge estatal.

>>>> **Punt Final en Cadena de Fabricació (PFCF) per a determinats adobs orgànics i esmenes del sòl**

Pel que fa a la normativa SANDACH, el Reglament (UE) 142/2011 estableix les normes de transformació que s'han d'aplicar per aconseguir un digestat, i el Reglament (UE) 2023/1605 especifica quines d'aquestes normes s'han de complir perquè els adobs orgànics i esmenes del sòl deixin d'estar subjectes als requisits establerts per la normativa SANDACH. Cal recordar que per produir fertilitzants amb marcatge CE no es poden utilitzar materials SANDACH per als quals no s'ha-gi determinat el PFCF.

D'aquests reglaments s'extreu que els materials SANDACH de categoria 2 i 3 assoleixen el PFCF quan es transformen per digestió anaeròbia, sempre que hagin sofert algun dels següents processos:

- Higienització/pasteurització – mida de partícula <20 mm, a una temperatura de 70°C durant 60 minuts.
- Transformació estàndard núm. 1 - mida de partícula <50 mm, a una temperatura interna superior a 133°C, a 3 bars de pressió durant 20 minuts.
- Hidròlisi alcalina - solució NaOH o KOH en quantitat suficient per garantir una equivalència molar aproximada respecte al pes, el tipus i la composició

dels materials SANDACH per digerir, escalfant almenys a una temperatura interna de 150°C, a 4 bars de pressió durant 3 hores.

En cas de dejeccions ramaderes, assoleixen el PFCF quan són transformades en una planta de biogàs si han estat sotmeses a un procés tèrmic de més de 70°C durant 60 minuts i a un tractament de reducció de bacteris esporulants i tòxics (quan s'hagin identificat com a perill rellevant).

>>> **Normativa sota la qual comercialitzar un producte fertilitzant**

Actualment, per comercialitzar un producte fertilitzant caldria tindre present tant el mercat de destinació com les tres regulacions a les quals hi ha l'opció d'acollir-se:

- a) Comercialització amb etiqueta UE segons el Reglament (UE) 2019/1009 sobre productes fertilitzants.
- b) Comercialització d'acord amb la Llei estatal 7/2022, de residus, i el Reial decret 506/2013, de productes fertilitzants.
- c) Comercialització segons el sistema de reconeixement mutu, tal com determina el Reglament (UE) 2019/515.

A l'hora d'elaborar fertilitzants, també s'ha de considerar la legislació de residus i la dels SANDACH: en cadascuna de les normatives respectives s'hi indiquen els tipus de residus i materials SANDACH permesos així com les normes de fabricació.

6.1.2.1. Comercialització de productes fertilitzants segons el Reglament (UE) 2019/1009

El Reglament (UE) 2019/1009 estableix que, perquè un producte pugui ser considerat fertilitzant amb marcatge CE, cal que es classifiqui en alguna de les categories funcionals de productes (CFP) que contempla el seu Annex I. A més, només pot estar constituït per materials que compleixin els requisits per a una o varies de les categories de materials components (CMC) del seu annex II.

>>> **Categoria funcional de producte (CFP)**

A l'Annex I del Reglament s'hi especifiquen els requisits que ha de complir un producte per ser classificat en cada CFP. També s'hi indiquen valors màxims de contaminants químics i microbiològics i valors mínims de concentracions de nutrients.

Les CFP en què el digestat i els seus derivats es poden incloure són la CFP 1 – Adob o fertilitzant, la CFP 3 – Esmena del sòl o la CFP 6 – Bioestimulant de plantes. És freqüent que el digestat (així com les seves fraccions líquida i sòlida) no assoleixi els nivells mínims de nutrients per ser classificat com a CFP1. En aquests casos es pot certificar la fracció sòlida del digestat com a CFP 3 (“esmena de sòl”), la qual no requereix nivells mínims de NPK. La valorització del digestat com a bioestimulant de plantes no ha estat àmpliament explorada ja que és un mercat recent. Tanmateix, el mercat dels bioestimulants presenta un gran potencial degut a l'elevat valor afegit dels seus productes.

>>>> **Categoria de materials components (CMC)**

Les CMC es recullen en una llista a l'Annex II del Reglament (UE) 2019/1009. Cal destacar que no és una llista tancada: quan el Reglament es va publicar n'hi havia 11, i actualment ja n'hi consten 15. De totes aquestes categories, les que contemplen l'ús del digestat de forma directa són la CMC 4 (digestat de cultius frescos) i la CMC 5 (digestat diferent del digestat de cultius frescos). Tanmateix, per a la valorització de materials derivats del tractament del digestat, també es poden considerar la CMC 12, la CMC 13 i la CMC 15.

Tal i com s'ha comentat, la CMC 4 contempla únicament els cultius frescos com a material d'entrada. És una opció que no es troba en les plantes de biogàs catalanes, i és un model que no es considera adient a Catalunya.

Per contra, la CMC 5 engloba diferents categories de materials com poden ser:

- a) Bioresidus, provinents de la recollida selectiva de residus municipals. Aquesta fracció inclou residus biodegradables de jardins i parcs, residus alimentaris i de cuina procedents de llars, restaurants, serveis de restauració col·lectiva i establiments de consum al detall i residus comparables procedents de plantes de transformació d'aliments.
- b) Productes SANDACH per als quals s'ha determinat el punt final en la cadena de fabricació (PFCF).
- c) Organismes o parts d'organismes vius o morts no processats o processats segons indica el Reglament, exceptuant:
 - La fracció orgànica de residus municipals barrejats amb altres residus no orgànics i posteriorment separats.
 - Fangs de depuradora d'aigües residuals urbanes, fangs industrials o fangs de dragatge.
 - Productes SANDACH per als quals no s'ha determinat el punt final en la cadena de fabricació (PFCF).
- d) Els additius de digestió que compleixin els requisits que indica el mateix Reglament (UE) 2019/1009.

Com s'observa, el Reglament (UE) 2019/1009, exclou l'ús dels digestats que continguin fangs de depuradora o fangs agroindustrials com a matèria primera CMC 5 per a la producció de fertilitzants.

Actualment els materials resultants del tractament de digerits que continguin fangs de depuradora urbana o fangs agroindustrials es poden incloure en les recentment incorporades CMC 12 (sals de fosfat precipitades i derivats (estruvita)) i CMC 13 (materials d'oxidació tèrmica i derivats (cendres)), les quals permeten l'ús de fangs de depuradora urbana i fangs de la indústria alimentària, sempre i que no siguin SANDACH.

Recentment, també s'ha afegit la CMC 15 (materials d'alta puresa recuperats), que permet incloure els productes derivats dels gasos recollits durant els processos de tractament de la majoria de materials, inclosos SANDACH de categoria 2 i 3, aigües residuals i fangs de depuradora.

Alguns fangs, com els generats a la indústria agroalimentària, tenen un elevat potencial metanogènic, i per aquest motiu són materials molt utilitzats en la digestió anaeròbia. La seva inclusió en aquestes recentment incorporades CMC

en pot promoure la valorització com a producte fertilitzant comercialitzable. Tanmateix, com es detalla a l'apartat 4.2. Tecnologies de tractament: tde tractament del digestat, actualment les tecnologies que permeten obtenir aquests productes derivats incorporables com a CMC 12 o 13 no estan àmpliament implementades en les plantes de biogàs. Addicionalment, els seus costos d'inversió i operació poden frenar-ne l'ús. Per altra banda, tot i que els fangs d'indústria alimentària solen presentar una millor qualitat que els fangs d'EDAR urbana, i consegüentment una millor qualitat del digestat produït, el Reglament europeu no diferencia entre tipologies de fangs.

Cal destacar que el Reglament 2019/1009 estableix que s'assoleix la FCR un cop s'han fabricat els fertilitzants a partir dels residus que ell mateix permet i seguint els requisits que s'hi estableixen. Per altra banda, com s'indica en la CMC 5, la CMC 12 i la CMC 13, el Reglament 2019/1009 no permet l'ús de materials SANDACH per a la fabricació de productes fertilitzants que no hagin assolit el PFCF. Les condicions per complir amb la FCR i amb el PFCF es detallen.

Pel que fa als tràmits administratius per obtenir el marcatge CE de producte fertilitzant, tal i com es detallarà en l'apartat de Tràmits administratius de la gestió del digestat a Catalunya, el procés de fabricació i el producte final hauran de sotmetre's a una avaluació de conformitat. Si es compleixen tots els requisits establerts per la normativa, el fabricant emet la Declaració de Conformitat, la qual permet la introducció del producte al mercat europeu amb marcatge CE.

6.1.2.2. Comercialització de productes fertilitzants segons el Reial decret 506/2013

Pel que fa a la comercialització de fertilitzants sota normativa estatal, cal seguir el procediment del Reial decret 506/2013 de fertilitzants. El RD estableix 7 grups de fertilitzants: Grup 1. Adobs inorgànics nacionals; Grup 2. Adobs orgànics; Grup 3. Adobs organo-minerals; Grupo 4. Altres Adobs i productes especials; Grup 5. Esmenes calcàries; Grup 6. Esmenes orgàniques. Grup 7. Altres esmenes. Els digestats i/o els productes que se'n deriven es podrien incloure, en principi, als grups 2, 3 i 6.

Tot i que el RD 506/2013 permeti l'ús de residus per fabricar productes fertilitzants, la disposició addicional 22a de la Llei 7/2022 indica que els criteris de FCR que cal seguir són els definits pel Reglament europeu de fertilitzants. I l'article 28.3 de la mateixa Llei estableix que els criteris de FCR del compost i del digestat són els establerts al Reglament 2019/1009.

Per tant, malgrat que els fangs (de depuradora urbana, industrial, etc.) apareixen encara formalment al RD 506/2023 com a possible matèria primera, realment no ho poden ser per les prescripcions de la Llei 7/2022.

A més, en el cas dels fangs tampoc s'ha desenvolupat a nivell estatal un criteri per definir-los la fi de condició de residu (FCR).

Per tant, quedarien exclosos per a la fabricació de fertilitzants del RD 506/2013 els digestats que continguin fangs d'EDAR urbana o fangs agroindustrials. Aquest fet pot suposar la pèrdua de la condició de producte fertilitzant actual de molts productes fabricats mitjançant compostatge, així com també d'alguns de proce-

dents de digestió anaeròbia, en els quals intervenen fangs, un cop els caduqui la inscripció al Registre de fertilitzants del MAPA. Caldria una modificació de l'esmentada Llei 7/2022 per evitar aquests seriosos inconvenients.

6.1.2.3. Comercialització de productes fertilitzants segons el Reglament 2019/515

El principi de reconeixement mutu s'aplica en l'àmbit de la lliure circulació de mercaderies a la UE. Per aquest principi, qualsevol producte comercialitzat legalment en un Estat membre de la UE, sota les seves pròpies normes tècniques i complint amb aquella normativa comunitària que li sigui aplicable, pot ser posat en el mercat d'un altre Estat membre, en les mateixes condicions en què s'ha posat en el mercat d'origen.

Si en aquest determinat país s'autoritza el registre del producte, posteriorment es pot comercialitzar a la resta de països membres, simplement informant el país de destí i sense passar pel procés d'avaluació de conformitat requerit en la normativa de fertilitzants europea. En qualsevol cas, és necessari demostrar la introducció al mercat del producte al país que n'ha autoritzat la comercialització.

6.1.3. Ús en producció agrícola ecològica

El Reglament (UE) 2018/848, sobre producció ecològica, defineix la normativa que s'aplica a la Unió Europea per acollir-se a la certificació de la producció agrícola ecològica. Pel que fa als productes fertilitzants aptes en producció ecològica, el Reglament d'execució (UE) 2021/1165 autoritza determinats productes i substàncies per al seu ús en la producció ecològica.

En referència al digestat, estan admesos els digestats o els seus derivats provinents dels materials inclosos a la llista de l'Annex II del Reglament (UE) 2021/1165. D'entre els materials admesos se'n poden destacar les dejeccions ramaderes que no provenguin de ramaderia intensiva, barreja de residus orgànics domèstics separats en origen compostats o fermentats i que compleixin unes concentracions màximes de determinats metalls pesants, determinats productes o subproductes d'origen animal (farina de sang, pols de peülla, de banya i d'ossos, així com farina de peix i de carn, i llana, pell, pel i productes làctics, entre altres) que en aquest cas no especifica que provenguin de ramaderia intensiva.

En relació al concepte de ramaderia intensiva, segons el Quadern de Normes Tècniques de la producció agroalimentària aprovat per la Resolució ARP/763/2017, la ramaderia intensiva és aquella que compleix almenys una de les següents condicions:

- Els animals es mantenen en absència de llum natural o en condicions de llum controlada artificialment durant tot el cicle productiu.
- Els animals estan permanentment estabulats sobre paviments engraellats o gàbies o, en qualsevol cas, no disposen de llit durant el cicle productiu.

Actualment la Comissió Europea ha designat un grup específic de l'EGTOP (Grup d'Experts en Producció Ecològica, per les seves sigles en anglès) per a avaluar i definir criteris específics de l'ús de subproductes de ramaderia convencional al sector ecològic. Aquest informe podria obrir la porta a l'ús de certs digestats de ramaderia convencional en agricultura ecològica en un futur.

6.1.4. Legislació que regula l'ús de l'aigua recuperada a partir de digestat

La recuperació d'aigua a partir de digestat és una opció que està guanyant interès especialment en regions sotmeses a estrès hídric on la identificació de recursos d'aigua alternatius a l'aigua dolça (p. ex., embassaments o aqüífers) és clau per garantir la disponibilitat i qualitat d'aigua. Això podria permetre que les indústries i altres sectors altament demandants d'aigua, com l'agricultura, no vegin afectada la seva activitat productiva per restriccions en el consum d'aigua en episodis d'absència de precipitacions i sequera.

Des del punt de vista tècnic s'ha demostrat que existeixen tecnologies que presenten alts rendiments per recuperar aigua d'alta qualitat (assimilable quant a característiques fisicoquímiques i microbiològiques a qualsevol aigua potable) a partir del tractament de la fracció líquida de digestat. Tot i això, des d'una perspectiva legal, l'origen de l'aigua recuperada a partir del digestat és una barrera que a hores d'ara en limita la reutilització en diferents aplicacions tant industrials com agrícoles. En aquest sentit, l'establiment dels requisits mínims necessaris per a la reutilització de l'aigua recuperada a partir del digestat en funció de l'ús posterior (principalment com a aigua de procés i neteja en indústries, torres de refrigeració i regadiu en agricultura) és una tasca pendent de desenvolupar-se tant a la legislació europea com espanyola i catalana.

Davant l'absència d'una normativa que, específicament, reguli els requisits mínims necessaris per garantir la qualitat de l'aigua recuperada a partir de digestat i els seus possibles usos, en aquests moments el punt de mira està posat en les legislacions europea i espanyola sobre reutilització d'aigües residuals regenerades amb la finalitat d'assegurar que l'aigua recuperada a partir de digestat compleixi, com a mínim, els paràmetres definits en aquestes legislacions per a aigües residuals regenerades d'origen urbà en l'àmbit europeu (Reglament UE 2020/741) i urbà i/o industrial a l'àmbit estatal (Reial decret 1085/2024 i Reial decret llei 4/2023).

6.1.4.1. Reglament (UE) 2020/741

El Reglament (UE) 2020/741, aplicable a partir del 26 de juny de 2023 a la Unió Europea, estableix els requisits mínims de qualitat i control de l'aigua i disposicions sobre gestió del risc, per a la utilització segura de les aigües regenerades en el context de gestió integrada de l'aigua. La finalitat d'aquest Reglament és garantir que les aigües regenerades siguin segures per al reg agrícola, i així assegurar un alt nivell de protecció del medi ambient i de la salut humana i la sanitat animal, promoure l'economia circular, donar suport a l'adaptació al canvi climàtic, i contribuir als objectius de la Directiva 2000/60/CE en fer front a l'escassetat d'aigua i a la consegüent pressió sobre els recursos hídrics de manera coordinada a tota la Unió Europea, contribuint així al funcionament eficaç del mercat interior.

El Reglament només es refereix a la reutilització de les aigües residuals regenerades d'origen urbà i només destinades a reg agrícola. Els requisits de qualitat de l'aigua regenerada s'hi han establert en base a paràmetres microbiològics (*Escherichia coli*, *Legionella spp* i *nematodes intestinals*), i paràmetres fisicoquímics (DBO5, sòlids en suspensió totals i terbolesa) en base a les 4 classes de qualitat de les aigües regenerades i ús agrícola i mètode de reg permesos. El Reglament també ha definit requisits mínims de control i gestió del risc per garantir la seguretat durant la reutilització de l'aigua regenerada en reg agrícola.

6.1.4.2. Reial Decret 1085/2024

El Reial decret 1085/2024 estableix els requisits mínims necessaris per garantir la qualitat de l'aigua durant la reutilització de les aigües residuals regenerades a Espanya segons quatre usos previstos de l'aigua:

1. usos urbans,
2. usos agrícoles,
3. usos industrials,
4. usos recreatius,

Per a cadascun dels 5 usos previstos, el Reial decret defineix diferents qualitats de l'aigua regenerada en funció de l'aplicació concreta per evitar potencials riscos per a la salut de les persones o un perjudici per al medi ambient. Els requisits de qualitat de l'aigua regenerada s'hi han establert en base a paràmetres microbiològics (*Escherichia coli*, *Legionella spp*, *nematodes intestinals* i bacteriòfags), i paràmetres fisicoquímics (sòlids en suspensió i terbolesa), a més d'indicar que cal tindre en compte els valors màxims admissibles per a altres contaminants continguts en l'autorització d'abocament de les aigües residuals. A diferència del Reglament (UE) 2020/741, el Reial decret 1085/2024 no només s'aplica a aigües residuals regenerades d'origen urbà, sinó també a la reutilització d'aigües residuals regenerades d'origen industrial.

En aquest sentit, les exigències per a la potencial reutilització de l'aigua recuperada a partir del tractament del digestat en usos industrials tals com la neteja d'instal·lacions o vehicles de transport, haurien de ser com a mínim assimilables a la Qualitat I.C que regula aquest Reial decret, per evitar riscos per a la salut humana i per al medi ambient.

Un altre ús de l'aigua regenerada és el reg agrícola, seguint les prescripcions establertes en aquest Reial decret.

6.1.4.3. Reial decret llei 4/2023

Dins del marc regulador espanyol sobre reutilització d'aigües, el 12 de maig del 2023 es va publicar el Reial decret llei 4/2023, pel qual s'adopten mesures urgents en matèria agrària i d'aigües en resposta a la sequera i a l'agreujament de les condicions del sector primari derivat del conflicte bèl·lic a Ucraïna i de les condicions climatològiques.

Aquesta norma promou mesures per incrementar la disponibilitat de recursos hídrics i identifica la reutilització de les aigües residuals regenerades com un recurs essencial per fer front als episodis de sequera i adaptació al canvi climàtic. Deroga parcialment el Reial decret 1620/2007, concretament pel que fa al règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades en agricultura, ja que el Reglament (UE) 2020/741 relatiu als requisits mínims per a la reutilització de l'aigua urbana depurada en usos agraris és de compliment obligat a tots els estats membres de la Unió Europea des del juny del 2023.

En aquest sentit, identificant la recuperació d'aigua a partir del digestat com una mesura amb potencial per incrementar la disponibilitat de recursos hídrics, les exigències per a la potencial reutilització d'aquesta aigua per a reg en agricultura haurien de ser, com a mínim, assimilables a la qualitat que estableix aquest Reial decret llei 4/2023 per evitar riscos per a la salut humana, la salut animal i per al medi ambient.

6.1.4.4. Normativa catalana d'aigua recuperada

A hores d'ara, Catalunya no disposa de cap normativa específica que reguli els usos de l'aigua recuperada a partir de digestat i estableixi els requisits mínims necessaris per al seu ús potencial en aplicacions d'interès com ara i) aigua de procés i neteja en indústries, ii) torres de refrigeració i, iii) regadiu en agricultura. Tot i això, diversos òrgans de la Generalitat (ACA, ARC, DARPA i Departament de Salut) estan actualment treballant de forma conjunta per solucionar aquesta situació i garantir que l'aigua recuperada a partir del digestat sigui un recurs alternatiu (pel que fa a qualitat i disponibilitat) per reduir la pressió sobre els recursos hídrics convencionals a Catalunya.

6.1.5. Resum de les normatives i plans esmentats

Àmbit	Nivell	Categoria	Nom
Promoció d'energies renovables	Europeu	Normativa	Reglament (UE) 2023/2413 (RED III) i 2018/2001 (RED II)
		Pla	REPowerUE
	Estatal ^{II}	Normativa	Llei 7/2021 de canvi climàtic i transició energètica
		Pla	Full de Ruta del biogàs
	Català	Normativa	Llei 16/2017 del canvi climàtic
		Pla	Estratègia catalana del biogàs 2023-2030 Pla d'Acció i la Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó 2050 (PROENCAT)
Disminució de l'impacte ambiental de les activitats antropogèniques i reducció de la dependència de recursos d'origen fòssil i no renovables	Europeu	Pla	Pacte Verd Europeu, en especial l'Estratègia de la Granja a la Taula, Pla d'Acció per l'Economia Circular, Pla d'Acció per la Bioeconomia, Estratègia de la UE per reduir les emissions de metà i la Política Agrària Comú (PAC)
	Estatal ^{II}	Pla	Estratègia Espanyola d'Economia Circular ("Espanya Circular 2030") Estratègia de Descarbonització a Llarg Termini (ELP 2050, per les sigles en castellà) Programa Nacional de Control de la Contaminació Atmosfèrica Full de Ruta del Biogàs Pla Nacional de Depuració, Sanejament, Eficiència, Estalvi i Reutilització (Plan DSEAR, per les sigles en castellà)
	Català	Pla	Estratègia de Bioeconomia de Catalunya (EBC) 2030 Pla de Qualitat de l'Aire Horitzó 2027

Àmbit	Nivell	Categoria	Nom
Gestió en el marc agrari i gestió del digestat com a residu	Europeu		Directiva 91/676/CEE, sobre protecció de les aigües contra la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries Directiva 86/278/CEE, relativa a la protecció del medi ambient i, en particular, dels sòls, en la utilització dels fangs de depuradora en agricultura
	Estatal ¹	Normativa	Llei 7/2022, de residus per a una economia circular Reial decret 1051/2022, de nutrició sostenible de sòls Reial decret 1310/1990, de reutilització de fangs al sector agrari Reial decret 47/2022, sobre protecció de las aigües contra la contaminació difusa produïda pels nitrats procedents de fonts agràries
	Català	Normativa	Decret legislatiu 1/2009, Text refós de la Llei de residus Decret 153/2019, de gestió de la fertilització del sòl Decret 152/2017, de classificació, codificació i vies de gestió de residus Decret 93/1999, sobre procediments de gestió de residus Norma Tècnica per a la Gestió Agrícola del Digestat
Comercialització de productes fertilitzants	Europeu	Normativa	Reglament UE 2019/1009, sobre fertilitzants UE Reglament (CE) 1069/2009, de normes SAN-DACH Reglament (CE) 142/2011, sobre disposicions d'aplicació del Reglament (CE) 1069/2009 Reglament (UE) 2019/515, sobre reconeixement mutu
	Estatal	Normativa	Reial decret 506/2013, de productes fertilitzants Ordre AAA/770/2014, del registre de productes fertilitzants

6.2. Tràmits administratius per a l'obtenció del permís ambiental i per a la gestió del digestat a Catalunya

>>> **Permís ambiental de la planta de biogàs**

Les plantes de digestió anaeròbia que gestionen residus han de disposar de permís ambiental. Aquest permís també es requereix a les plantes de digestió anaeròbia situades en origen (en la mateixa granja o en la mateixa indústria que tracta el seus propis residus).

La Llei 20/2009, del 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats, classifica aquestes activitats en diferents grups depenent del potencial impacte ambiental que representen. Les plantes de biogàs s'inclouen als annexes I o II.

Les activitats de valorització de residus no perillosos mitjançant tractament biològic estan afectades pel Reial decret legislatiu 1/2016, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei de prevenció i control integrats de la contaminació. Al seu epígraf 5.4 de l'annex 1 s'estableix:

5.4 Valorització, o una mescla de valorització i eliminació, de residus no perillosos amb una capacitat superior a 75 tones per dia que incloguin una o més de les següents activitats, excloent les incloses al Reial decret llei 11/1995, de 28 de desembre, pel qual s'estableixen les normes aplicables al tractament de les aigües residuals urbanes:

a) Tractament biològic,

....

Quan l'única activitat de tractament de residus que es dugui a terme a la instal·lació sigui la digestió anaeròbica, els límits de capacitat per a aquesta activitat seran de 100 tones al dia.

Per tant, si l'activitat és únicament de digestió anaeròbia de residus no perillosos:

- Annex I – Activitats sotmeses al règim d'avaluació d'impacte ambiental i d'autorització ambiental
 - Instal·lacions amb una capacitat superior a 100 tones/dia (equivalent a 36.500 t/a si es consideren 365 dies/any).
 - Instal·lació de digestió anaeròbia que tracti més de 100 tones per dia.
- Annex II – Activitats sotmeses al règim de llicència ambiental
 - Instal·lacions amb una capacitat fins a 100 tones/dia (equivalent a 36.500 t/a si es consideren 365 dies/any).

A l'hora de presentar la sol·licitud del permís ambiental, s'hi han d'adjuntar tots els documents requerits en les normatives sectorials i en concret la normativa de residus i el Reglament SANDACH.

En relació amb la normativa de residus, és important destacar que cal indicar:

- Cadascun dels residus que es tractaran (descripció, codi LER), agrupament per tipologies (dejeccions, altres residus SANDACH, fangs, altres residus orgànics...) i la capacitat màxima de tractament anual (en t/a).
- Descripció dels processos (amb pre- i post-tractaments) i incloure un diagrama amb un balanç de matèria i nitrogen, identificant i quantificant cadas-

cun dels residus/fraccions produïdes.

- Identificació dels residus produïts en els diferents processos de tractament (digestat, fracció sòlida i/o líquida, etc.), assenyalant el codi LER i les quantitats produïdes.
- Sistema i capacitat d'emmagatzematge i gestió prevista del digestat (o fraccions de tractament). En el cas de gestió en el sòl agrícola, caldrà indicar com i on es preveu fer aquesta gestió.

>>>> **Registre d'operador SANDACH**

En els casos en què s'utilitzin dejeccions o subproductes animals cal que la planta de biogàs es registri com a operador SANDACH al Registre d'establiments SANDACH del MAPA.

<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sandach/acceso-publico/registro-establecimientos/>

>>>> **Registre de gestors de residus**

Les instal·lacions de digestió anaeròbia que tracten residus de tercers, un cop disposin del permís ambiental i es compleixin les condicions indicades al permís, s'inscriuran al Registre general de gestors de residus de Catalunya.

Per tant, les plantes que tractin dejeccions de més d'una explotació o que realitzin codigestió amb altres residus orgànics a banda de les dejeccions ramaderes, seran gestors de residus per a l'activitat de digestió anaeròbia.

>>>> **Pla de gestió del digestat**

El Decret 153/2019 (art.46) preveu que les instal·lacions de biogàs que tractin dejeccions ramaderes (soles o barrejades amb altres residus), quan no comercialitzin els productes resultants segons la normativa de fertilitzants o de substrats, presentin un pla de gestió agrària (pla de gestió del digestat) que serà informat pel DARPA.

Els tràmits són diferents depenent de si el digestat procedeix d'una planta de biogàs que:

- Tracta dejeccions d'una granja en origen, o
- És un gestor de residu.

En el primer cas, s'ha de presentar un pla de gestió de dejeccions ramaderes dins de l'expedient de sol·licitud del permís ambiental, tal com s'especifica en l'article 33 del Decret 153/2019, i un cop autoritzat, quan es realitzin les aplicacions del digestat cal anotar-les en el llibre de gestió de fertilitzants.

En el cas que el digestat provingui d'un gestor de residus autoritzat, s'haurà de presentar un pla de gestió agrària tal i com s'especifica en l'article 46 del Decret 153/2019.

És interessant destacar que si els ramaders gestionen les seves dejeccions en una planta de biogàs gestora de residus, el nitrogen equivalent d'aquestes dejeccions ramaderes gestionades a la planta, i ara transformades en digestat, passa a ser responsabilitat de la planta de biogàs. En els contractes de gestió de dejeccions ramaderes entre ramaders i plantes de biogàs, s'hi indica el nitrogen cedit pel ramader al gestor de residus.

6.2.5. Tràmits per l'aplicació directa a camp amb criteris agrònomic

>>> **Planta de biogàs dins del marc agrari**

La traçabilitat de l'aplicació agrícola del digestat procedent d'una explotació ramadera es realitza mitjançant les anotacions al llibre de gestió de fertilitzants i la declaració anual de nitrogen. El llibre de gestió de fertilitzants (LGF) és un document/fitxer on cal anotar les aplicacions i la gestió real efectuada. El resum anual d'aquest llibre s'haurà de aportar a la declaració anual de nitrogen (DAN).

>>> **Planta de biogàs gestora de residus**

La normativa de procediments de gestió de residus estableix una documentació de control i seguiment per a la gestió del digestat (o de les seves fraccions). La instal·lació de biogàs i l'empresa gestora de residus d'aplicació al sòl del digestat han de tramitar la fitxa d'acceptació (FA), que és el document normalitzat amb les dades del residu, del productor i del gestor R10. Aquesta documentació té una vigència de 3 anys, i podrà ser cancel·lada si la gestió no s'ajusta a les condicions autoritzades. La FA també és la documentació de control que es tramita quan el digestat (o les fraccions que resulten del seu tractament) es gestionen en instal·lacions externes gestores de residus (p.ex. planta de compostatge R0301).

La FA es tramita telemàticament amb la caracterització analítica del residu. El gestor d'aplicació al sòl (R10) haurà de trametre a l'ARC la previsió de la base territorial on s'aplica el digestat.

Cada viatge del digestat ha d'anar acompanyat d'un full de seguiment (FS) i, en el cas d'aplicació al sòl, d'acord amb el Decret 153/2019, els vehicles de transports hauran de disposar de traçabilitat GPS.

La Norma tècnica per a la gestió agrícola del digestat (actualment en revisió) amplia la informació sobre els criteris i condicions de l'aplicació agrícola del digestat.

6.2.6. Tràmits per la comercialització de productes fertilitzants

>>> **Comercialització segons Reial decret (RD) 506/2013, sobre fertilitzants**

En el cas d'un producte fertilitzant que es comercialitza sota el RD 506/2013, s'ha d'inscriure al Registre de Productes Fertilitzants del MAPA. Les sol·licituds d'inscripció hauran d'emplenar el model oficial regulat per l'Ordre AAA/770/2014. D'altra banda, per tal d'assegurar que la fabricació del fertilitzant es duu a terme conforme a la normativa, el RD 506/2013 permet (article 12.2) que els requisits que han de complir els fabricants es puguin garantir mitjançant una certificació emesa per una entitat certificadora.

En el cas de productes fertilitzants que continguin SANDACH, s'hi haurà d'incloure la informació requerida pel Reglament (UE) 142/2011. Els procediments estan recollits a la pàgina web del MAPA:

<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fertilizantes/registro-de-productos-fertilizantes/>

>>>> **Comercialització segons Reglament UE 2019/1009**

En el cas d'optar per la fabricació d'un fertilitzant amb marcatge CE, cal seguir el procediment d'avaluació de la conformitat especificat en l'annex IV del Reglament UE 2019/1009. Per a cada CMC i CFP es requereixen diferents mòduls.

En el procediment d'avaluació de la conformitat d'una CMC 5 es requereix una avaluació del sistema de qualitat del fabricant que ha de realitzar un organisme notificat. L'organisme notificat ha d'estar acreditat per l'autoritat notificant (ENAC, en el cas d'Espanya). La llista d'organismes d'avaluació de conformitat està disponible a la base de dades NANDO, de la Comissió Europea:

<https://webgate.ec.europa.eu/single-market-compliance-space/#/notified-bodies>

El procediment consisteix en:

- Garantir el compliment dels requisits de l'annex I del producte (CFP).
- Garantir el compliment dels requisits dels components de l'annex II (CMC).
- Redactar una etiqueta de producte d'acord amb els requisits de l'annex III (etiquetatge).
- Elaborar la documentació tècnica (DT) per demostrar la conformitat del producte amb els requisits del FPR.
- Dur a terme el procediment d'avaluació de la conformitat pertinent, segons l'annex IV.
- Elaborar una Declaració de conformitat de la UE (DoC) i col·locar el marcatge CE.
- Mantenir la DT i EU DoC durant 5 anys.

El Reglament defineix diferents mòduls (A, A1, B, C i D1) per tal de realitzar l'avaluació de la conformitat, segons les CMC que s'utilitzen. Aquests mòduls incideixen en diferents àmbits: el control intern de producció, assaigs de producte o conformitat amb el tipus de fertilitzant, etc. Per a la CMC 4 n'hi ha prou amb el Mòdul A. Per la CMC 5 és necessari acollir-se al Mòdul D1. En aquest cas, l'organisme notificat ha d'avaluar el sistema de qualitat de la planta. Els terminis d'aquests tràmits solen ser força ràpids, en general, d'entre 1 i 2 mesos.

Quan els productes fertilitzants hagin utilitzat materials SANDACH, caldran:

- Els documents comercials o certificats sanitaris exigits pel Reglament SANDACH per als materials d'aquesta índole que s'utilitzen per a l'elaboració d'adobs orgànics o esmenes del sòl tal com es defineixen al Reglament (CE) 2009/1069 i UE 142/2011.
- Evidència que els productes derivats han arribat al punt final de la cadena de fabricació.

El Nutriënten Management Instituut BV va publicar un recull extens i detallat dels procediments que cal seguir per obtenir el marcatge de fertilitzant CE, consultable al següent enllaç:

<https://aefa-agronutrientes.org/wp-content/uploads/guia-para-la-elaboracion-de-la-documentacion-tecnica-de-fertilizantes-ue.pdf>

D'altra banda, cal destacar que l'article 20 del Reglament (CE) 1069/2009 deixa oberta la possibilitat d'incorporació de mètodes alternatius d'ús i eliminació de materials SANDACH, els quals poden ser adoptats posteriorment com a PFCF. El procediment està obert al públic, i pot ser una via d'agilització de la incorporació de nous PFCF. Per poder seguir-lo, el primer pas consisteix en contactar amb l'autoritat competent estatal. Aquesta autoritat guiarà el sol·licitant en la preparació del dossier en format estàndard, el qual es transmetrà a l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA). L'avaluació per part de l'EFSA es duu a terme en uns 6 mesos.

>>>> **Comercialització segons el Reglament de reconeixement mutu**

Es pot realitzar una declaració voluntària de comercialització legal de mercaderies a efectes de reconeixement mutu (declaració de reconeixement mutu) per demostrar a les autoritats competents de l'Estat membre de destinació que les mercaderies, o les mercaderies d'aquest tipus, es comercialitzen legalment en un altre Estat membre.

L'Estat de destí podrà avaluar que aquesta mercaderia compleix tots els requisits legals propis. En l'Annex I del Reglament (UE) 2019/515 es detalla la informació que s'ha d'aportar en la declaració de reconeixement mutu. Principalment, es demana informació sobre l'agent econòmic fabricant, el producte i sobre la legalitat d'aquest producte. En aquesta pàgina web de la Comissió Europea es poden trobar els detalls d'aquest procediment:

https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/goods/free-movement-sectors/mutual-recognition-goods_en

BLOC III

Barreres, oportunitats, mesures i actuacions

Recull de barreres i mesures

En aquest apartat s'exposen les barreres detectades durant l'anàlisi del context actual. De cada barrera (BD) es desplega una o més mesures (MD) per fer-hi front, i finalment accions per part de diferents actors.

Barreres		Mesures
Barreres legals	(BD1) Existència de normativa que limita l'ús de determinats materials com a ingredient de fertilitzants, en funció del seu origen/naturalesa, sense tindre en compte les seves característiques	MD1: Posicionar-se a nivell europeu i espanyol per tal de poder tenir impacte en les polítiques i les lleis sobre fertilitzants MD2: Recull dels procediments de tractament de digestats que permeten assolir una elevada qualitat de producte final (assimilable a FCR i PFCF). Aportació de casos perquè el MITERD avalui la necessitat de desenvolupar criteris a nivell estatal
	(BD2) Existència de normativa que impedeix la utilització de productes obtinguts del tractament de residus orgànics com a substituïts dels fertilitzants químics en zones vulnerables per nitrats	MD3: Promoure les modificacions legislatives necessàries per tal que productes obtinguts del tractament de residus orgànics (per exemple, els derivats del digestat), amb un caràcter equivalent a fertilitzants químics (iniciativa RENURE), puguin ser utilitzats en substitució dels fertilitzants químics en zones vulnerables per nitrats
	(BD3) Limitacions legals en l'ús dels digestats en producció ecològica	MD4: Promoure la millora en benestar animal i en condicions mediambientals de les explotacions ramaderes convencionals, per poder considerar les seves dejeccions aptes per a l'agricultura ecològica
	(BD4) Limitacions i incertesa legal en l'ús de l'aigua recuperada del tractament del digestat	MD5: Promoure un marc legal que reguli i validi l'ús de l'aigua regenerada a partir de digestats a Catalunya
	(BD5) Limitacions i incertesa a causa dels tràmits administratius	MD6: Descripció detallada dels tràmits administratius per a la gestió i tractament del digestat i coordinació dels diferents Departaments i Agències per unificar criteris, simplificar tràmits i disposar de finestra única
	(BD6) Dificultat d'incloure nous punts finals de cadena de fabricació (PFCF) per a materials SANDACH	MD7: Desenvolupar i autoritzar paràmetres de transformació alternatius per a les plantes de biogàs, que permetin complir amb la condició de PFCF
	(BD7) Complexitat del procediment d'avaluació de conformitat d'un producte fertilitzant UE	MD8: Assessorar en el procediment d'avaluació de conformitat d'un producte fertilitzant UE

Barreres		Mesures
Barreres econòmiques	(BD8) Cost elevat d'inversió d'equipament per al tractament del digestat	MD9: Assessorament sobre la viabilitat tècnica i econòmica dels tractaments del digestat MD10: Línies d'ajut per cofinançar equips per al tractament del digestat MD11: Línies d'ajut per promoure la recerca i la innovació enfocada a reduir costos d'equips de tractament de digestat MD12: Acompanyament/assessorament per trobar alternatives en el tractament i gestió dels digestats
	(BD9) Cost elevat d'operació de l'equipament per al tractament del digestat	MD13: Determinar la viabilitat tècnica i econòmica d'infraestructures intermèdies i compartides de gestió, emmagatzematge i concentració de nutrients a partir del digestat o els seus derivats MD14: Línies d'ajut per promoure la recerca i la innovació enfocada a reduir costos de tractament de digestat MD15: Accés a dades robustes i fiables dels costos de manteniment, consums energètics, consums de reactius i altres materials i dedicació de personal a llarg termini dels equips de tractament
	(BD10) Risc d'invialibilitat econòmica del sector de digestió anaeròbia per un creixement del sector superior a la demanda real de tractament de materials orgànics	MD16: Fer públiques les instal·lacions operatives i en tràmit (tant de promoció pública com privada)
Barreres a la valorització agronòmica	(BD11) Dificultat de valorització agronòmica dels digestats i els seus derivats si no s'han pogut homologar com a producte fertilitzant	MD17: Promoure l'ús de residus amb característiques aptes per ser utilitzats com a fertilitzants
	(BD12) Falta de demanda i competitivitat dels fertilitzants obtinguts a partir de digestat i manca de connexions entre tots els actors per estructurar tota la cadena de valor	MD18: Ampliar el contingut sobre el digestat i derivats i el seu ús com a fertilitzant en l'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya
	(BD13) Predomini de la fertilització de base mineral	MD19: Promoció de l'ús dels fertilitzants obtinguts a partir de materials orgànics MD20: Vincular l'ús d'aquests productes a ajuts (p. ex., PAC) i certificacions (p. ex., PAS) que promoguin la sostenibilitat MD21: Ajuts a la innovació per millorar les característiques dels fertilitzants obtinguts a partir del tractament del digestat MD22: Avaluació de la petjada i risc ambiental de fertilitzants provinents del tractament del digestat en comparació amb els fertilitzants químics MD23: Establir un sistema de gestió sostenible que permeti monetitzar externalitats positives derivades de la correcta gestió del digestat
	(BD14) Baixa qualitat d'algunes tipologies de residus, tractats per digestió anaeròbia, que poden afectar la qualitat del digestat	MD24: Promoure la millora de la qualitat d'algunes tipologies de residus orgànics.

Barreres		Mesures
Barreres a la valorització agronòmica	(BD 15) Disponibilitat i capacitat de personal tècnic i comercial	MD25: Promoure la professionalització en aspectes agronòmics de les empreses operadores de plantes de digestió anaeròbia
	(BD16) Manca d'emmagatzematge suficient del digestat per poder gestionar-lo en funció de la demanda i èpoques de fertilització	MD26: Establir criteris i recomanacions d'emmagatzematge per al digestat o altres fraccions derivades del seu tractament, siguin residus o productes
	(BD17) Manca de superfície agrícola propera suficient per poder gestionar el digestat	MD27: Tractar el digestat (deshidratació, compostatge, etc.) per obtenir productes tractats (digestats deshidratats, digestats compostats, o fraccions del seu tractament) que viabilitzin la seva valorització en un entorn més llunyà.
Barreres tecnològiques	(BD18) Manca de tecnologies innovadores de tractament del digestat	MD28: Incloure llistat d'empreses proveïdores de tecnologies de tractament al portal web del DARPA i ARC MD29: Ajuts a la recerca i a la innovació de nous tractaments del digestat i millora dels existents MD30: Benchmarking sobre tractaments del digestat en altres països i territoris MD31: Incloure l'avaluació de tecnologies (no consolidades) del tractament del digestat de residus dins de l'àmbit d'actuació del Grup d'Experts en Tractaments de Dejeccions Ramaderes (GETDR)
	(BD19) Manca de personal amb formació tècnica en el maneig de tecnologies de tractament del digestat	MD32: Promoure la formació de tècnics per operar els tractaments dels digestats
Barreres ambientals	(BD20) Risc d'augmentar les emissions d'amoniac en l'emmagatzematge i aplicació del digestat	MD33: Promoure l'aplicació de MTDs per tal d'evitar o minimitzar les emissions d'amoniac
	(BD21) Risc d'incrementar la concentració de nutrients en territoris que ja generen gran quantitat de dejeccions ramaderes	MD34: Promoure la digestió anaeròbica de materials orgànics en origen i descentralitzada MD35: Promoure l'exportació de nutrients en forma de fertilitzants concentrats d'alta qualitat
Barreres socials	(BD22) Manca d'acceptació social de les plantes de digestió anaeròbia de residus orgànics, especialment les de gran capacitat	MD36: Informar a la població respecte als beneficis del projectes del biogàs i del tractament dels residus per obtenir productes valoritzables

Barreres legals

(BD1) Existència de normativa que limita l'ús de determinats materials com a ingredient de fertilitzants, en funció del seu origen/naturalesa, sense tindre en compte les seves característiques
Actualment la legislació exclou l'ús dels digestats provinents de fangs de depuradora com a ingredient per produir una CMC 5; no obstant, algunes fraccions resultants del tractament dels digestats produïts amb fangs de depuradora poden formar part de la CMC 12 (sals de fosfat precipitades i derivats (estruvita)) i de la CMC 13 (materials d'oxidació tèrmica i derivats (cendres)). Tanmateix, aquestes dues CMC només accepten l'ús de fangs de depuradora municipal i fangs de la indústria alimentària, sempre que no siguin SANDACH. Per altra banda, l'assoliment de PFCF, o de consideració de FCR del residu inclòs en la fabricació dels productes fertilitzants, és difícil i no se'n detecta una solució. La legislació que aplica en aquest punt és diversa, i en força ocasions, no és fàcil assolir aquesta condició, especialment quan el digestat conté fangs de depuradora i/o materials SANDACH.
MD1: Posicionar-se a nivell europeu i espanyol per tal de poder tenir impacte en les polítiques i les lleis sobre fertilitzants
Per tal de poder incidir en polítiques i lleis europees i espanyoles és necessari treballar amb un posicionament per part del sector català liderat pel DARPA. Per això és necessari detectar les barreres legislatives que dificulten una gestió sostenible del digestat, i especialment aquelles que en dificulten la valorització o la dels productes que se'n deriven. I posteriorment s'ha de generar informació tècnica basada en evidències científiques que recolzin les accions que es volen promoure per fer front a aquestes barreres. Un dels reptes més destacats és poder classificar els tipus de fang en funció de les seves característiques qualitatives. Per altra banda, hi ha una gran variabilitat en les característiques dels fangs que ve determinada per múltiples factors, d'entre els quals es poden destacar el sector on es produeixen (p. ex. depuradora d'indústria agroalimentària vs. depuradores urbanes) i la tipologia d'aigües residuals d'on provenen. És per aquest motiu que seria necessari proposar que aquests digestats, un cop processats i transformats en productes de qualitat, puguin ser matèries primeres per a l'elaboració de fertilitzants (assolint FCR). Aquests treballs podran servir per justificar la modificació de la Llei de residus 7/2022 en relació als criteris de FCR per als productes fertilitzants que continguin residus, i en conseqüència la legislació de productes fertilitzants que se'n deriva. A nivell europeu, serviran per donar evidències de la qualitat i seguretat de certs digestats provinents de la digestió de, per exemple, fangs d'indústria càrnia, en l'elaboració de productes fertilitzants, promovent la incorporació de noves CMCs o la incorporació d'aquests materials en la CMC 5.
MD2: Recull de procediments de tractament de digestats que permeten assolir una elevada qualitat de producte final (assimilable a FCR i PFCF). Aportació de casos perquè el MITERD avalui la necessitat de desenvolupar criteris a nivell estatal
Promoció d'estudis, i recull de dades sobre tractaments i qualitat de producte, per separar el digestat dels criteris d'origen limitants en la seva valorització. Presentar al MITERD i promoure el desenvolupament d'aquests criteris de FCR i PFCF estatals.

(BD2) Existència de normativa que impedeix la utilització de productes obtinguts del tractament de residus orgànics com a substituïts dels fertilitzants químics en zones vulnerables per nitrats

Actualment, l'aplicació de fertilitzants d'origen orgànic, incloent els fertilitzants provinents de digestat, està limitada en zones vulnerables per nitrats a una quantitat de nitrogen per hectàrea (170 kg N/ha). La resta de nitrogen que necessita el cultiu s'ha d'aplicar en forma de nitrogen no orgànic, és a dir, químic, també fins a un límit, dins el marc regulat pel Decret 153/2019 i el Reial decret 1051/2022.

Algunes fraccions resultants del tractament del digestat tenen els nutrients en forma inorgànica, i per tant, les seves característiques són equivalents als fertilitzants d'origen químic. Tot i això, el seu ús continua estant limitat en zones vulnerables dins de la mateixa quota establerta per a les dejeccions ramaderes (170 kg N/ha).

En aquest sentit, el 2020, el JRC a través de l'informe "Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC)", proposa criteris harmonitzats per permetre que determinats fertilitzants nitrogenats derivats de dejeccions ramaderes s'utilitzin com a equivalents als fertilitzants nitrogenats químics, tal com es defineix a la Directiva sobre nitrats (91/676/CEE). Aquests materials s'anomenen "nitrogen recuperat de dejeccions ramaderes" (RENURE, de l'anglès REcovered Nitrogen from manURE).

MD3: Promoure les modificacions legislatives necessàries per tal que productes obtinguts del tractament de residus orgànics (per exemple, els derivats del digestat), amb un caràcter equivalent a fertilitzants químics (iniciativa RENURE), puguin ser utilitzats en substitució dels fertilitzants químics en zones vulnerables per nitrats

Considerant que la iniciativa RENURE promou l'ús de nutrients recuperats de dejeccions ramaderes tal i com s'utilitzen els fertilitzants minerals, seria d'interès valorar la inclusió d'altres matèries primeres, com per exemple els derivats dels digestats, més enllà de les dejeccions ramaderes, entre altres. Aquesta inclusió és especialment rellevant tenint en compte que, depenent del tractament al qual el digestat és sotmès, els nutrients en la fracció final poden trobar-se pràcticament en la seva totalitat en forma inorgànica.

(BD3) Limitacions legals en l'ús dels digestats en producció ecològica.

La normativa de producció ecològica europea és força restrictiva en l'ús de determinats materials com a fertilitzants aptes per a agricultura ecològica. Sí que contempla l'ús del digestat, però només si aquest prové de determinats materials, excloent-ne les dejeccions provinents de "ramaderia intensiva".

La producció ecològica no deixa d'augmentar any rere any, en bona part per les estratègies polítiques que la impulsen. Així, un dels objectius de l'estratègia del Farm to Fork de la Comissió Europea és arribar al 25% de superfície agrària ecològica el 2030. Un dels reptes per poder assolir aquesta producció és abastir-se de fertilitzant apte per a producció ecològica, quan una de les grans limitacions en la fertilització en agricultura ecològica és el no poder utilitzar dejeccions ramaderes provinents de la ramaderia intensiva.

La normativa de producció ecològica europea no defineix la ramaderia intensiva de forma detallada, i és per aquest motiu que cada Estat membre n'ha establert una definició. A l'Estat espanyol, es considera com aquella en la qual l'animal es troba en absència de llum o en llum controlada artificialment durant tot el cicle productiu i/o en la qual l'establulació permanent és sobre paviments engraellats o gàbies, o no disposen de llit. Les dejeccions ramaderes, i els derivats d'aquestes, provinents d'aquesta ramaderia no poden ser utilitzades com a fertilitzant en producció ecològica. Per contra, la normativa permet l'ús de determinats subproductes que també provenen d'aquesta ramaderia intensiva, tals com la farina de sang, d'os o de peix, entre altres.

MD4: Promoure la millora en benestar animal i en condicions mediambientals de les explotacions ramaderes convencionals, per poder considerar les seves dejeccions aptes per a l'agricultura ecològica

Les tecnologies de tractament, entre elles la digestió anaeròbia, poden millorar les característiques d'aquests materials, eliminant certs elements no desitjats, entre altres, i promovent que puguin ser susceptibles de ser inclosos en la llista de fertilitzants aptes en producció ecològica. Tanmateix, la normativa limita els materials per la seva procedència i no per la seva qualitat.

Un dels reptes en producció ecològica és incrementar el volum de fertilitzants orgànics disponibles i de proximitat. En aquest sentit, la Comissió Europea està estudiant la possibilitat d'incrementar la llista de fertilitzants aptes per a producció ecològica, i, entre altres actuacions, ha creat un grup de treball per avaluar les limitacions en el concepte de ramaderia intensiva.

(BD4) Limitacions i incertesa legal en l'ús de l'aigua recuperada del tractament del digestat

Actualment és més necessari que mai promoure mesures d'ús eficient i de regeneració d'aigua. El digestat conté un alt volum d'aigua i aquesta pot ser recuperada mitjançant tecnologies de tractament existents. Es pot obtenir diferent qualitat d'aigua en funció del tractament aplicat. Però actualment hi ha manca d'un marc legal clar que defineixi els usos d'aquesta aigua regenerada en funció de la seva qualitat.

MD5: Promoure un marc legal que reguli i validi l'ús de l'aigua regenerada a partir de digestats a Catalunya

És necessari que es defineixi un marc legal clar sobre les possibilitats d'ús, en funció de la seva qualitat, de l'aigua regenerada a partir del tractament del digestat, així com del tractament d'altres efluent a nivell català. Per això, és necessari considerar la legislació actual i, en la mesura del possible, la futura, tant a nivell espanyol com de la Unió Europea.

(BD5) Limitacions i incertesa a causa dels tràmits administratius

Actualment, per poder gestionar el digestat per valorització agrícola, hi ha diferents administracions catalanes (DARPA, ARC, ACA) involucrades, en funció de la gestió que es duu a terme i de si el material digerit o fraccions tenen la consideració de residus. Si aquest es vol comercialitzar com a producte fertilitzant estatal, cal complir els tràmits que determina el MAPA. Si es vol comercialitzar com a producte CE, cal complir amb els procediments d'avaluació de conformitat. Aquest conjunt de tràmits allarga els terminis per materialitzar els projectes i limita la gestió del digestat.

D'altra banda, a l'hora d'interpretar la normativa, no està prou clar quins procediments permetran fabricar un producte fertilitzant a partir de digestat, ni si els ingredients que el componen assoliran la FCR o el PFCF, ni tampoc quins tràmits o requeriments haurà de complir el producte final.

MD6: Descripció detallada dels tràmits administratius per a la gestió i tractament del digestat i coordinació dels diferents Departaments i Agències per unificar criteris, simplificar tràmits i disposar de finestra única

El present document resumeix breument els tràmits necessaris per obtenir la fi de condició de residu. Addicionalment, seria útil la publicació d'una instrucció tècnica de la informació necessària que cal aportar i els requisits per assolir la FCR. Amb aquest suport, els gestors de plantes de biogàs podrien projectar amb major facilitat la futura gestió del digestat. Al mateix temps, facilitaria la presentació correcta de tots els documents necessaris en la sol·licitud d'autorització ambiental d'activitat d'aquestes plantes, cosa que evitaria l'endarreriment d'aquest procediment per causa de requeriments o posteriors canvis substancials de l'autorització atorgada.

La normativa i/o les instruccions internes de les administracions de vegades no deixen clares les competències i les responsabilitats de cada administració o òrgan; en aquest sentit, seria necessari acabar d'elaborar un document per veure possibles solapaments i modificar la normativa i les instruccions internes si fos el cas.

(BD6) Dificultat d'incloure nous punts finals de cadena de fabricació (PFCF) per a materials SANDACH
Actualment, existeixen pocs PFCF per a productes SANDACH definits a les normatives. El volum de materials SANDACH que podran ser tractats per digestió anaeròbia a Catalunya és rellevant. Si els digestats d'aquests no assoleixen el PFCF, se'n pot perjudicar la seva comercialització com a producte fertilitzant a través de la seva comercialització al mercat UE. A nivell espanyol, però, el MAPA contempla continuar com fins ara, i tenir productes fertilitzants que no hagin arribat al PFCF. En aquest mateix sentit, el Reglament 1069/2009 no ha estat derogat en l'apartat de l'aprofitament del SANDACH com a fertilitzant.
MD7 Desenvolupar i autoritzar paràmetres de transformació alternatius per a les plantes de bio-gàs, que permetin complir amb la condició de PFCF
L'article 20 del Reglament (CE) 1069/2009 deixa oberta la possibilitat d'incorporació de mètodes alternatius d'ús i eliminació de materials SANDACH. Aquests mètodes poden ser adoptats posteriorment com a PFCF. El procediment està obert al públic, i pot ser una via d'agilització de la incorporació de nous PFCF. Així doncs, es poden proposar nous mètodes d'ús i eliminació de materials SANDACH.

(BD7) Complexitat del procediment d'avaluació de conformitat d'un producte fertilitzant UE
Segons el Reglament (CE) 1069/2009, cal aplicar el mòdul D1 en el procediment d'avaluació de la conformitat d'un producte fertilitzant fabricat a partir de CMC 5 (digestat diferent dels digestats de cultius frescos). Aquest procediment és complex.
MD8: Assessorar en el procediment d'avaluació de conformitat d'un producte fertilitzant UE
Atès el poc temps que fa que està realment operatiu el nou Reglament europeu de fertilitzants, existeixen pocs organismes notificats que puguin realitzar les avaluacions de conformitat més complexes, com són les del mòdul D1. En aquest sentit, és important realitzar des de l'Administració un acompanyament a les empreses de fertilitzants per tal d'agilitzar aquests procediments, que són costosos.

Barreres econòmiques

(BD8) Cost elevat d'inversió d'equipament per al tractament del digestat Per tal de garantir la viabilitat econòmica i sostenibilitat ambiental del sector del biogàs i de la digestió anaeròbia, cal prendre consciència de la necessitat, en determinats casos (instal·lacions ubicades en zones vulnerables, instal·lacions de gran capacitat de tractament, etc.), de sotmetre els digestats a tractaments posteriors (deshidratació, separació S/L, estabilització, higienització, compostatge, osmosi inversa, ultracentrifugació, etc.). Actualment existeix tecnologia suficient com per tractar de forma eficient el digestat per tal de poder-ne obtenir productes de valor afegit que continguin nutrients, matèria orgànica i aigua recuperada. Tot i això, els costos, tant d'inversió com d'operació, poden ser elevats, tot posant en risc la viabilitat econòmica del tractament del digestat. Un aspecte fonamental que cal considerar és el factor d'economia d'escala. En el cas de grans instal·lacions de digestió anaeròbia, l'economia d'escala pot reduir els costos d'inversió, però alguns costos d'operació poden veure's incrementats per les grans distàncies a recórrer, tant dels residus orgànics des dels punts de generació fins a les plantes de digestió, com dels digestats que s'obtinguin fins als punts de valorització d'aquests. En el cas de petites instal·lacions descentralitzades de digestió anaeròbia, que no disposen d'economia d'escala, hauran de suportar majors costos d'inversió, però els costos d'operació pel que fa al transport probablement seran inferiors.
MD9: Assessorament sobre la viabilitat tècnica i econòmica dels tractaments del digestat L'administració pública pot oferir a les empreses promotores assessorament i/o un servei gratuït o co-finançat per estudiar la viabilitat tècnica i econòmica del tractament del digestat cas per cas. En aquest sentit, el govern espanyol ha desplegat el "Programa de estudios de prefactibilidad de proyectos de biogás para usos térmicos y/o eléctricos". Aquest programa permet a les empreses acollir-se a un servei d'assessorament finançat per a projectes de digestió anaeròbia. El programa, però, està molt focalitzat en avaluar els usos tèrmics i elèctrics del biogàs.
MD10: Línies d'ajut per cofinançar equips per al tractament del digestat Per tal de promoure el tractament dels digestats i que les empreses promotores de plantes de biogàs puguin fer front al cost d'inversió de tecnologies de tractament, sense posar en risc la viabilitat econòmica d'una planta, és interessant contemplar línies d'ajut que cofinancin aquestes inversions. Per tal de poder acollir-se a aquests ajuts, serà necessari que les plantes compleixin una sèrie de requisits com ara condicionants en el material d'entrada (p. ex., determinat percentatge de dejeccions ramaderes o determinat percentatge de residus generats a les proximitats de la planta) o que els equips s'utilitzin per valoritzar, i no eliminar, els nutrients.
MD11: Línies d'ajut per promoure la recerca i la innovació enfocada a reduir costos d'equips de tractament de digestat Una estratègia per abaratir despeses de tractament és promoure la recerca i la innovació de les empreses del sector de bracet amb els centres de recerca i universitats. De nou, enfocant-se en promoure la bioeconomia, a través de la recuperació i concentració de nutrients, així com de matèria orgànica i aigua. Més enllà de la innovació tecnològica, també s'ha de promoure la innovació en nous models de negoci i noves cadenes de valor. Per tal de promoure empreses proveïdores de tecnologia amb seu a Catalunya també s'ha de fomentar que aquestes participin en aquests projectes.
MD12: Acompanyament/assessorament per trobar alternatives en el tractament i gestió dels digestats Dins dels equips gestors de les plantes de biogàs, pot manca una figura amb coneixements suficients per dissenyar la millor solució per al tractament del digestat, amb un cost d'inversió adequat al projecte. Un assessorament extern per part d'un professional, ajudarà a la implantació de les millors estratègies de tractament cas per cas.

(BD9) Cost elevat d'operació del tractament del digestat

Per tal de garantir la viabilitat econòmica i sostenibilitat ambiental del sector del biogàs i de la digestió anaeròbia, cal prendre consciència de la necessitat, en determinats casos (instal·lacions ubicades en zones vulnerables, instal·lacions de gran capacitat de tractament, etc.), de sotmetre els digestats a tractaments posteriors (deshidratació, separació S/L, estabilització, higienització, compostatge, osmosi inversa, ultracentrifugació, etc.).

Actualment, existeix tecnologia suficient com per tractar de forma eficient el digestat per tal de poder-ne obtenir productes de valor afegit que continguin nutrients, matèria orgànica i aigua recuperada.

Tot i això, els costos, tant d'inversió com d'operació, poden ser elevats, cosa que posa en risc la viabilitat econòmica del tractament del digestat. Un aspecte fonamental que cal considerar és el factor d'economia d'escala.

En el cas de grans instal·lacions de digestió anaeròbia, l'economia d'escala pot reduir els costos d'inversió, però alguns costos d'operació poden veure's incrementats per les grans distàncies que han de recórrer tant dels residus orgànics des dels punts de generació fins a les plantes de digestió, com dels digestats que s'obtinguin fins als punts de valorització d'aquests. En el cas de petites instal·lacions descentralitzades de digestió anaeròbia, que no disposen d'economia d'escala, hauran de suportar majors costos d'inversió, però els costos d'operació pel que fa al transport probablement seran inferiors. També, sobretot en entorns rurals i en l'àmbit ramader, a les empreses promotores i operadores de plantes de biogàs els és complicat determinar la viabilitat tècnica i econòmica dels tractaments del digestat, atès que resulta difícil trobar informació fiable dels costos reals d'operació dels tractaments que hi ha al mercat.

MD13: Determinar la viabilitat tècnica i econòmica d'infraestructures intermèdies i compartides de gestió, emmagatzematge i concentració de nutrients a partir del digestat o els seus derivats

Determinades tecnologies de tractament i gestió de digestats, o de les seves fraccions, poden ser viables econòmicament a partir d'un determinat volum. Aquest volum és possible que no es pugui assolir en una sola planta de digestió anaeròbia, però potser sí que es pot assolir a partir del digestat provinent de més d'una planta. En aquest sentit, és interessant estudiar la viabilitat d'infraestructures centralitzades i compartides.

MD14: Línies d'ajut per promoure la recerca i la innovació enfocada a reduir costos de tractament de digestat

Una estratègia per abaratir despeses de tractament és promoure la recerca i la innovació de les empreses del sector, de bracet amb centres de recerca i universitats. De nou, enfocant-se en promoure la bioeconomia, a través de la recuperació i concentració de nutrients, així com de matèria orgànica i aigua. Per tal de promoure empreses proveïdores de tecnologia amb seu a Catalunya també s'ha de fomentar que aquestes participin en aquests projectes.

MD15: Accés a dades robustes i fiables dels costos de manteniment, consums energètics, consums de reactius i dedicació de personal reals a llarg termini dels equips de tractament

Un problema detectat al mercat és obtenir informació fiable dels costos reals d'operació dels equips de tractament de digestat. Aquest fet crea desconfiança per part de les empreses promotores i operadores de plantes de digestió anaeròbia.

(BD10) Risc d'inviabletat econòmica del sector de digestió anaeròbia per un creixement del sector superior a la demandada real de tractament de materials orgànics

Aquest risc es posa de manifest principalment per dos motius: pel fet que es pugui assolir una capacitat de tractament global de digestió anaeròbia superior a la generació real de residus orgànics per digerir, i per la competència entre instal·lacions per tractar aquelles tipologies de residus orgànics amb major capacitat de generació de biogàs.

MD16: Fer públiques les instal·lacions operatives i en tràmit (tant de promoció pública com privada)

Visualitzar de manera pública la relació d'instal·lacions de digestió anaeròbia (estat -operatives o en tràmit-, ubicació, capacitat, tipologia de residus, etc.) seria un primer pas imprescindible per tal que futures iniciatives coneguin, en cada moment, quina és la situació del mercat, com a element necessari per a la presa de decisions.

Barreres per a la valorització agronòmica

(BD11) Dificultat de valorització agronòmica dels digestats i els seus derivats si no s'han pogut homologar com a producte fertilitzant

Actualment, les noves normatives delimiten més la procedència del residu que les característiques d'aquest per poder ser comercialitzat com a producte fertilitzant, és necessari potenciar l'ús de residus d'alta qualitat com a fertilitzants.

La destinació final d'una part dels residus orgànics és l'aplicació al sòl com a fertilitzant. És important que, encara que s'hagin de subministrar o vendre com a residu, es puguin valoritzar si es comprova que s'aconsegueix que aquests tinguin un comportament igual al d'un fertilitzant comercial.

En aquest sentit, s'han de buscar les eines necessàries administratives i de difusió per tal que el sector agrícola conegui aquests materials i confii en utilitzar-los.

MD17: Promoure l'ús de residus amb característiques aptes per ser utilitzats com a fertilitzants

La promoció dels digerits o dels seus derivats que no s'han pogut homologar com a productes fertilitzants i per tant, han de seguir essent considerats com a residus, s'ha de continuar realitzant i, fins i tot, incrementant, per tal de no desapropiar els nutrients presents en els digestats.

(BD12) Falta de demanda i competitivitat dels fertilitzants obtinguts a partir de digestat i manca de connexions entre tots els actors per estructurar tota la cadena de valor

Un dels grans reptes que persegueix el tractament i la valorització del digestat i els productes que s'en deriven és la sortida competitiva al mercat. Per això és necessari que les empreses fabricants d'aquests productes n'assegurin una alta qualitat, però també és necessari que l'administració desplegui actuacions per promoure'n l'ús.

Promoure l'ús d'aquests fertilitzants no només és un repte per a la gestió del digestat sinó que és una oportunitat per reduir la dependència de països tercers en l'abastiment de fertilitzants, i també permetre descarbonitzar la indústria de fertilitzants, i per tant, l'agricultura. A més, es promouria la circularitat de nutrients, tot deixant de dependre de fonts no renovables com la mineria.

D'altra banda, actualment hi ha molta informació disponible sobre la producció de biogàs, però es percep una manca d'informació sobre el tractament i la valorització del digestat. Concretament, seria necessari donar a conèixer els tractaments del digestat que existeixen al mercat i les empreses que els proveeixen. En la mateixa direcció, es detecta una falta de connexió entre els diferents actors rellevants per al tractament del digestat, cosa que limita l'establiment de tota la cadena de valor.

MD18: Ampliar el contingut sobre el digestat i derivats i el seu ús com a fertilitzant en l'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya

En el moment en què es va redactar l'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya, el sector del biogàs no estava en un estat de desenvolupament com ho està en l'actualitat i tampoc se'n preveia un creixement com el que s'està produint. És possible que una part rellevant de residus i subproductes orgànics de Catalunya s'acabin gestionant a través de la digestió anaeròbia. S'ha de promoure que, un cop digerits, puguin esdevenir una matèria primera per a la fabricació de fertilitzants i altres bioproductes de valor afegit o aplicats directament a camp amb criteris agronòmics.

(BD13) Predomini de la fertilització de base mineral
A Catalunya encara hi ha un ús molt gran de la fertilització mineral. L'estratègia europea i catalana de bioeconomia promou una agricultura més respectuosa amb el medi ambient, amb el Pacte verd europeu i l'estratègia "De la granja a la taula", on s'estableixen uns objectius de reducció de la fertilització química i de promoció de la fertilització de base orgànica. Aquest augment de la fertilització orgànica comporta uns beneficis en la salut del sòl i augmenta el segrest de carboni, tot contribuint a la mitigació del canvi climàtic. Del que es tracta és de substituir el màxim que sigui possible la fertilització de base mineral per una fertilització de base orgànica complementada amb fertilitzants minerals.
MD19: Promoció de l'ús dels fertilitzants obtinguts a partir de materials orgànics
És important que els usuaris finals (principalment agricultors) coneguin l'existència d'aquests fertilitzants així com les seves característiques i els beneficis que poden aportar. En comparació amb els fertilitzants de síntesi química, en moltes ocasions els fertilitzants obtinguts a partir de materials orgànics contenen altres elements més enllà del macronutrients (N, P i K), tals com matèria orgànica, micronutrients, etc. Aquest fet permet que, a més de nodrir els cultius, millorin les característiques dels sòls promovent uns sistemes agraris més sostenibles i resilents, augmentant-ne la fertilitat a llarg termini. També és important que es doni a conèixer la capacitat que té el sector agroalimentari a l'hora de poder segrestar el carboni per part del sòl, gràcies, entre altres, a pràctiques de fertilització orgànica, així com que aquest segrest pot contribuir a la mitigació del canvi climàtic. D'altra banda, cal donar informació dels proveïdors de productes fertilitzants orgànics del territori. Per adoptar aquests canvis es requereix un esforç a diferents nivells, incloent la sensibilització, la formació i la transferència de coneixement que l'administració pot dur a terme.
MD20: Vincular l'ús d'aquests productes a ajuts (p. ex., PAC) i certificacions (per ex., PAS) que promoguin la sostenibilitat
Un ús correcte dels fertilitzants orgànics pot contribuir a reduir l'impacte ambiental del sector agrari doncs redueix les necessitats de fertilitzants de síntesi química d'origen no renovable, i permet millorar les característiques del sòl, fent-lo més resilient a l'estrès hídric i a l'erosió, al mateix temps que se segresta carboni, tot contribuint a reduir les concentracions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera. Totes aquestes contribucions a la sostenibilitat del sector haurien d'anar associades a ajuts i certificacions actualment existents.
MD21: Ajuts a la innovació per millorar les característiques dels fertilitzants obtinguts a partir del tractament del digestat
És necessari promoure la recerca i la innovació per millorar les característiques agronòmiques dels fertilitzants obtinguts a partir del tractament del digestat, per tal que continguin concentracions desitjables de nutrients, que puguin tenir característiques estables el llarg del temps, que no continguin elements no desitjats, i que el seu transport i aplicació siguin factibles, entre altres. Per a això, es poden dur a terme determinats tractaments de separació (p. ex., centrífuga per separar la fracció sòlida de la líquida) i de concentració (per ex., tractament de membranes per obtenir concentrats de nutrients). Però un punt clau i essencial, i sovint oblidat, és l'adequació (per ex., formulació de fertilitzants o pel·letització). Aquest últim punt és clau en la comercialització dels productes fertilitzants. Posteriorment, serà necessari poder validar el seu potencial benefici agronòmic mitjançant assajos de camp.
MD22: Avaluació de la petjada i risc ambiental de fertilitzants provinents del tractament del digestat en comparació amb els fertilitzants químics
És necessari poder comparar de forma objectiva l'impacte i el risc ambiental d'utilitzar fertilitzants provinents del tractament del digestat, i per tant, d'origen renovable i de proximitat, amb els d'utilitzar fertilitzants minerals o químics d'origen no renovable. Per això, cal realitzar una anàlisi de cicle de vida de tota la cadena de valor d'aquests fertilitzants.
MD23: Establir un sistema de gestió sostenible que permeti monetitzar externalitats positives derivades de la correcta gestió del digestat
La producció i l'ús de fertilitzants de base biològica podria veure's compensat per l'estalvi d'emissions de CO₂ en comparació amb l'ús de fertilitzants químics.

(BD14) Baixa qualitat d'algunes tipologies de residus, tractats per digestió anaeròbia, que poden afectar la qualitat del digestat

Algunes tipologies de materials orgànics poden presentar problemàtiques de contaminants si no es prenen mesures preventives i de control, com ara la presència d'impropis en la FORM o de metalls pesants en els fangs de depuradora d'EDAR.

MD24: Promoure la millora de la qualitat d'algunes tipologies de residus orgànics

És necessari promoure la millora de la qualitat sobretot en algunes tipologies de residus orgànics. En el cas de la FORM, promovent sistemes de recollida selectiva que garanteixin una millor qualitat dels bioresidus (baixa presència d'impropis), com són els models porta a porta o els models de contenidors tancats amb identificació d'usuari.

En el cas dels fangs d'EDAR, implantant sistemes de prevenció i control que redueixin la contaminació de les aigües d'entrada a les EDARs urbanes i els abocaments aigües amunt.

(BD15) Disponibilitat i capacitat de personal tècnic i comercial

La manca de disponibilitat i capacitat de personal tècnic en coneixements agrònomic i del sector fertilitzants no facilita la connexió entre les instal·lacions productores de digestat i el sector agrari, ja sigui per al tractament o la gestió del digestat en funció de la demanda i les necessitats del sector.

MD25: Promoure la professionalització en aspectes agrònomic de les empreses operadores de plantes de digestió anaeròbia

És necessari que les empreses promotores i operadores de les plantes de digestió anaeròbia, almenys en determinats casos, tinguin coneixements en aspectes agrònomic, més enllà de coneixements en aspectes energètics. Aquests coneixements donaran el marc per poder dissenyar l'estratègia de negoci dels productes generats. Per assolir aquestes competències es poden desenvolupar diferents estratègies tals com adquirir perfils professionals en aquest àmbit o establir consorcis o acords amb empreses amb aquesta expertesa i coneixement.

(BD16) Manca d'emmagatzematge suficient del digestat per poder gestionar-lo en funció de la demanda i èpoques de fertilització

Les instal·lacions han de dimensionar l'emmagatzematge del digestat (o fraccions del tractament) en funció de la demanda del sector agrari, que està relacionada amb els períodes de fertilització. En el cas de la gestió del digestat (o fraccions) com a productes fertilitzants, cal tenir en compte que també sovint existeix una estacionalitat en la demanda, cosa que obliga a disposar d'espais d'emmagatzematge, que podrien conviure en espais fora de la instal·lació.

MD26: Establir criteris i recomanacions d'emmagatzematge per al digestat o altres fraccions derivades del seu tractament, siguin residus o productes

S'establirà una guia de criteris tècnics i recomanacions per dimensionar l'emmagatzematge del digestat (o fraccions del tractament) tal i com ja existeix en el cas de les dejeccions ramaderes a les granges. En el cas que les plantes de biogàs no puguin disposar d'emmagatzematge en les pròpies instal·lacions, caldrà preveure alternatives de gestió.

(BD17): Manca de superfície agrícola propera suficient per poder gestionar el digestat
HI ha instal·lacions que poden tenir dificultat en trobar superfície agrícola per a la gestió del digestat que produeixen, problema que s'agreuja quan el digestat es gestiona en forma líquida.
MD27: Tractar el digestat (deshidratació, compostatge, etc.) per obtenir productes tractats (digestats deshidratats, digestats compostats, o fraccions del seu tractament) que viabilitzin la seva valorització en un entorn més llunyà
En el cas que no es disposi de superfície agrícola suficient per gestionar el digestat, l'empresa podrà optar per reduir les entrades de materials orgànics o buscar alternatives de canvi de procés productiu, com ara el tractament del digestat per poder gestionar-lo més lluny, ja sigui amb processos de deshidratació o mitjançant tecnologies que aportin major valor afegit a fraccions derivades del digestat.

Barreres tecnològiques

(BD18) Manca de tecnologies innovadores de tractament del digestat
Malgrat l'oferta de tecnologies existent, és probable que aquesta no sigui suficient o que no es pugui ampliar tot i els avenços de la ciència i la tecnologia. El motiu d'aquesta manca d'oferta de tecnologies pot venir donat per diferents factors, com ara que avui dia el digestat no és un residu amb un volum considerable a Catalunya o l'existència d'una àmplia tipologia de digestats que requereixen de tecnologies específiques en cada cas. En aquest context, és necessari que es continuïn explorant noves tecnologies de tractament per ampliar l'oferta al mercat. D'una banda, resulta convenient explorar les tecnologies existents en altres països i territoris. De l'altra, cal promoure la recerca, principalment per part dels centres de recerca i les universitats, i la innovació, principalment per part de les empreses i els centres de recerca i les universitats, per desenvolupar noves tecnologies de tractament i millorar les existents.
MD28: Incloure llistat d'empreses proveïdores de tecnologies de tractament al portal web del DARPA i ARC
Facilitar una llista d'empreses proveïdores de tecnologies de tractament del digestat, tot detallant la tipologia de productes que comercialitzen. Tal com ja s'està fent, en aquest cas, amb empreses proveïdores de tecnologies de tractament de les dejeccions ramaderes.
MD29: Ajuts a la recerca i a la innovació de nous tractaments del digestat i millora dels existents
Els ajuts a la innovació en nous tractaments han de permetre buscar noves solucions per fer front als reptes del sector. Fomentar la innovació també promou un sector més competitiu al territori i genera oportunitats a empreses tecnològiques i de serveis.
MD30: Benchmarking sobre tractaments del digestat en altres països i territoris
Estudiar quines tecnologies i estratègies s'estan aplicant en altres territoris i països que presenten un sector del biogàs més desenvolupat per tal d'aprofitar aquest coneixement i valorar la seva aplicabilitat en el nostre territori tenint en compte les particularitats d'aquest.
MD31: Incloure l'avaluació de tecnologies (no consolidades) del tractament del digestat de residus dins de l'àmbit d'actuació del Grup d'Experts en Tractaments de Dejeccions Ramaderes (GETDR)
Les tecnologies de tractament de les dejeccions ramaderes poden ser similars a les tecnologies de tractament del digestat. Els investigadors i professionals que formen part del GETDR tenen un perfil professional adequat per poder avaluar tecnologies de tractament del digestat.

(BD19) Manca de personal amb formació tècnica en el maneig de tecnologies de tractament del digestat

El funcionament dels equips de tractament de digestat requereix cert grau de formació i especialització, que al nostre país costa de trobar, entre altres motius per la menor implantació d'aquestes tecnologies en comparació amb altres zones europees.

MD32: Promoure la formació de tècnics per operar en els tractaments dels digestats

A diferència d'altres països/regions, el desenvolupament de les plantes de biogàs no ha estat molt estès a Catalunya. Això ha implicat que actualment hi hagi molt poques empreses amb tecnologies pròpies en la gestió del digestat i que hi hagi pocs tècnics amb coneixements per a la gestió d'aquest. Per tal de reduir aquest dèficit de tècnics és necessari potenciar la professionalització de personal mitjançant cursos de formació i capacitat.

Barreres ambientals**(BD20) Risc d'augmentar les emissions d'amoniac en l'emmagatzemat i aplicació del digestat**

La digestió anaeròbia incrementa el nitrogen amoniacal del digestat respecte a la matèria orgànica no digerida. Per aquest motiu, és necessari prevenir les emissions d'amoniac del digestat, un cop produït, tant en l'emmagatzematge com en l'aplicació. Aquesta reducció de les emissions ha de permetre disminuir la contaminació ambiental i l'impacte en la salut, però també evitar pèrdues de nutrients (nitrogen) per volatilització. En un segon terme, les tècniques per reduir les emissions d'amoniac també haurien de contribuir a la reducció d'emissions de metà residuals, així com d'altres gasos i olors, o complementar-se amb tècniques específiques per a aquest fi.

MD33: Promoure l'aplicació de MTD per tal d'evitar o minimitzar les emissions d'amoniac

Actualment existeix un llistat de millors tècniques disponibles (MTD) per prevenir les emissions d'amoniac generades a partir de les dejeccions ramaderes. A més, existeixen normatives que obliguen a reduir les emissions d'amoniac del sector ramader mitjançant l'aplicació d'aquestes MTD. Seria necessari assegurar que als digestats, en molts casos provinents, en part, d'aquestes dejeccions ramaderes, i amb un major potencial d'emissió d'amoniac, se'ls apliquin també MTD que garanteixin la reducció d'aquestes emissions.

(BD21) Risc d'incrementar la concentració de nutrients en territoris que ja generen gran quantitat de dejeccions ramaderes
És probable que la ubicació de moltes plantes de digestió anaeròbia sigui en territoris amb alta generació de residus orgànics, tals com les zones vulnerables per nitrats. Aquest fet pot crear una pressió encara més important en zones que ja presenten problemes deguts a una gestió no prou adequada dels residus i dels nutrients que aquests contenen, tals com la contaminació de les aigües subterrànies per nitrats i els alts nivells de fòsfor en una part de les parcel·les, per posar-ne alguns exemples.
MD34: Promoure la digestió anaeròbica de materials orgànics en origen i descentralitzada
És convenient que a les zones vulnerables per nitrats no s'incrementi l'entrada de nutrients a causa de la demanda de materials orgànics per part de les plantes de digestió anaeròbia que s'hi ubiquin. En aquest sentit, seria convenient que es gestionessin residus i subproductes orgànics generats al propi territori i, d'aquesta manera, que les plantes de digestió anaeròbia contribuïssin a la millora de la gestió i valorització dels residus en origen.
MD35: Promoure l'exportació de nutrients en forma de fertilitzants concentrats d'alta qualitat
Les plantes col·lectives tenen un potencial més gran (economia d'escala) per endegar tractaments del digestat més complexos i, per tant, obtenir productes de millor qualitat amb un potencial de mercat més gran. Això pot facilitar una major exportació de nutrients, encara que n'acabin entrant de nous en zones d'alta concentració ramadera.

Barreres socials

(BD22) Manca d'acceptació social de les plantes de digestió anaeròbia de residus orgànics, especialment les de gran capacitat
Els projectes on hi ha una gestió del residus sovint generen una mobilització contrària en la població del municipi on es vol ubicar l'activitat, o en els municipis propers. De vegades es constitueixen plataformes ciutadanes que, amb la seva pressió, acaben afectant la tramitació de la planta. Sovint la informació que arriba a la població general és esbiaixada, i això provoca que no es puguin acabar de valorar de forma objectiva els beneficis/inconvenients d'aquests projectes.
MD36: Informar la població respecte als beneficis dels projectes del biogàs i del tractament dels residus per obtenir productes valoritzables
Cal defensar que les plantes de biogàs i de tractament del digestat, si es dissenyen i exploten d'acord amb la normativa, ofereixen garanties de seguretat, sostenibilitat i impactes ambientals globalment positius. Cal posar en valor la vinculació dels projectes amb el sector primari, tot remarcant que promouen l'economia circular i els seus objectius estan alineats amb els objectius europeus en matèria d'energies renovables i descarbonització.

Accions

Codi Mesura	Mesura
MD1	Posicionar-se a nivell europeu i espanyol per tal de poder tenir impacte en les polítiques i les lleis sobre fertilitzants
Codi Barrera	Barrera
BD1	Existència de normativa que limita l'ús de determinats materials com a ingredient del digestat, en funció del seu origen/naturalesa, sense tindre en compte les seves característiques
Accions	
A1 - A nivell estatal, col·laborar amb els diferents Ministeris involucrats per promoure modificacions del RD 1051/2022 i la Llei 7/2022, per facilitar la inclusió dels digestats que contenen fangs de depuradora com a ingredients de productes fertilitzants, sempre que compleixin uns llindars en determinats paràmetres de qualitat, tot assolint la FCR i garantint la seguretat i l'impacte ambiental de l'aplicació d'aquests productes a camp, al mateix temps que es promou la bioeconomia circular i es redueix, entre altres, la dependència de recursos no renovables.	Període execució
	2024-2026
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC
A2 - Promoure la creació de la Plataforma Catalana de Nutrients, on hi hagi representació de les diferents entitats de l'Administració catalana, del sector privat i de l'acadèmia.	Període execució
	2024-2025
	Organisme Responsable
	DGAR
A3 - Impulsar estudis que permetin promoure modificacions legals en relació a la FCR per als productes fertilitzants que continguin residus que en aquests moments són exclosos com a ingredients, impulsant la bioeconomia, tot donant valor als residus i reduint el seu impacte ambiental.	Període execució
	2025-2030
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC

Codi Mesura	Mesura
MD2	Recull dels procediments de tractament de digestats que permeten assolir una elevada qualitat de producte final (assimilable a FCR i PFCF). Aportació de casos perquè el MITERD avalui la necessitat de desenvolupar criteris a nivell estatal
Codi Barrera	Barrera
BD1	Existència de normativa que limita l'ús de determinats materials com a ingredient del digestat, en funció del seu origen/naturalesa, sense tindre en compte les seves característiques
Accions	
A4 - Promoure iniciatives que permetin obtenir una elevada qualitat dels materials derivats del digestat procedents de materials exclosos pel Reglament UE de fertilitzants.	Període execució
	2025-2027
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC
A5 – Realitzar un seguiment de la qualitat del digestat i generar un informe dels casos d'èxit de producció de fertilitzants. Presentar aquest informe al MAPA i al MITERD, per tal que s'incloguin nous fertilitzants dins del RD 506/2013.	Període execució
	2025-2028
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC

Codi Mesura	Mesura
MD3	Promoure les modificacions legislatives necessàries per tal que productes obtinguts del tractament de residus orgànics (per exemple, els derivats del digestat), amb un caràcter equivalent a fertilitzants químics (iniciativa RENURE), puguin ser utilitzats en substitució dels fertilitzants químics en zones vulnerables per nitrats
Codi Barrera	Barrera
BD2	Existència de normativa que impedeix la utilització de productes obtinguts del tractament de residus orgànics com a substituïts dels fertilitzants químics en zones vulnerables per nitrats
Accions	
A6 - Realitzar un estudi de la situació actual de la iniciativa RENURE, i promoure-hi la inclusió dels derivats dels digestats no provinents exclusivament de dejeccions ramaderes. Interpel·lar el MAPA perquè ho elevi als organismes europeus corresponents, o a través del Comitè de Nitrats de la Directiva 91/676/CEE.	Període execució
	2024-2026
	Organisme Responsable
	DGAR
A7 - Promoure estudis de fertilització a nivell de camp de diferents derivats del digestat. Aquests camps experimentals haurien de servir per obtenir resultats del seu comportament i verificar que es comporten com els minerals, i com a plataforma demostrativa perquè el sector agrícola tingui coneixement d'aquests nous productes.	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD4	Promoure la millora en benestar animal i en condicions mediambientals de les explotacions ramaderes convencionals, per poder considerar les seves dejeccions aptes per a l'agricultura ecològica
Codi Barrera	Barrera
BD3	Limitacions legals en l'ús dels digestats en producció ecològica
Accions	
A8 - Promoure que investigadors de centres de recerca i universitats de l'ecosistema català participin en els grups d'experts assessors de la Comissió Europea en l'àmbit de la fertilització en producció ecològica, tals com l'EGTOP (grup assessor en producció ecològica de la Comissió Europea) i altres que es puguin crear des de l'EU CAP NETWORK, DG AGRI, DG ENV, etc.	Període execució
	2024-2026
	Organisme Responsable
	DGAR
A9 - Promoure la interpretació de ramaderia intensiva de manera que es pugui augmentar l'ús de dejeccions de granges convencionals com a fertilitzant apte en agricultura ecològica.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR
A10 - Disposar d'informació de la composició (química, física, biològica i d'antibiòtics) dels digestats de les dejeccions procedents de la ramaderia convencional i comparant-la amb la composició de les dejeccions de la ramaderia ecològica.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR
A11 - Promoure la inclusió de digestats, i els seus derivats, procedents de les dejeccions de ramaderia convencional, a la llista de fertilitzants aptes en producció ecològica, sempre que compleixin els requisits mínims que s'estableixin.	Període execució
	2025-2027
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD5	Promoure un marc legal que reguli i validi l'ús de l'aigua regenerada a partir dels digestats a Catalunya
Codi Barrera	Barrera
BD4	Limitacions i incertesa legal en l'ús de l'aigua recuperada del tractament del digestat
Accions	
A12 - Promoure un grup de treball (en el marc de la Generalitat de Catalunya) per definir els procediments administratius i la distribució de competències que inclogui representants de les diferents administracions catalanes involucrades (Departament de Salut, Agència Catalana de l'Aigua, Direcció General d'Agricultura i Ramaderia, Agència de Residus de Catalunya i Direcció General d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia).	Període execució
	2024-2028
	Organisme Responsable
	DGAR
A13 - A través del Grup de Treball, realitzar un estudi del context actual de la recuperació d'aigua enfocat a les dificultats, barreres, casos d'èxit i oportunitats identificades en els diferents sectors productius i àmbits socials.	Període execució
	2025 -2028
	Organisme Responsable
	DGAR
A14 - Considerar la possibilitat d'utilitzar amb garanties l'aigua recuperada en diferents àmbits, inclosa la que prové del digestat, o l'establiment dels requisits mínims necessaris per a la reutilització de l'aigua recuperada en diferents usos, principalment en i) aigua de procés i neteja en indústries, ii) torres de refrigeració, iii) regadiu en agricultura, iv) altres (neteja de les instal·lacions ramaderes).	Període execució
	2026 -2028
	Organisme Responsable
	ACA
A15 - Proposar i impulsar un marc legal tant a nivell estatal com a nivell europeu per tal de promoure l'ús de l'aigua recuperada a partir del tractament dels digestats, amb criteris adients de seguretat.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD6	Descripció detallada dels tràmits administratius per a la gestió i tractament del digestat i coordinació dels diferents Departaments i Agències per unificar criteris, simplificar tràmits i disposar de finestra única
Codi Barrera	Barrera
BD5	Limitacions i incertesa degut a tràmits administratius
Accions	
A16 - Redacció i publicació d'una instrucció tècnica per als tràmits per a la fabricació i comercialització de productes fertilitzants derivats del digestat. Paral·lelament, generar i publicar documents models editables, tipus formulari, per facilitar i guiar la presentació de documentació conjuntament amb l'autorització ambiental.	Període execució
	2024-2025
	Organisme Responsable
	DGAR
A17 - Incloure, en les accions destinades a agilitzar els tràmits de les administracions realitzades pel Gabinet Tècnic del DARPA, l'elaboració d'un protocol intern liderat pel DARPA per agilitzar els tràmits administratius.	Període execució
	2024-2025
	Organisme Responsable
	DARPA

Codi Mesura	Mesura
MD7	Desenvolupar i autoritzar paràmetres de transformació alternatius per a les plantes de biogàs, que permetin complir amb la condició de PFCF
Codi Barrera	Barrera
BD6	Dificultat d'incloure nous punts finals de cadena de fabricació (PFCF) per a materials SANDACH
Accions	
A18 - Assessorar les iniciatives per impulsar la incorporació de mètodes alternatius de punts finals de cadena de fabricació (PFCF).	Període execució
	2025-2028
	Organisme Responsable
	DGAR
A19- Incentivar la generació d'estudis per incorporar nous punts finals de cadena de fabricació (PFCF), a través de la seva inclusió en convocatòries d'ajudes per a projectes d'R+D+I.	Període execució
	2025-2030
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD8	Assessorar en el procediment d'avaluació de conformitat d'un producte fertilitzant UE
Codi Barrera	Barrera
BD7	Complexitat del procediment d'avaluació de conformitat d'un producte fertilitzant UE
Accions	
A20 - Realitzar des de l'Administració un acompanyament a les empreses de fertilitzants per tal d'agilitzar els procediments d'avaluació de conformitat dels fertilitzants UE. Elaborar un pla de treball amb mesures per a la facilitació i agilització de l'avaluació de conformitat.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD9	Assessorament sobre la viabilitat tècnica i econòmica dels tractaments del digestat
Codi Barrera	Barrera
BD8	Cost elevat d'inversió d'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A21 - Promoure una Guia del Digestat on es donin pautes de decisió sobre les vies de tractament més adequades.	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	DGAR, ACCIÓ, ARC

Codi Mesura	Mesura
MD10	Línies d'ajut per cofinançar equips per al tractament del digestat
Codi Barrera	Barrera
BD8	Cost elevat d'inversió d'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A22 - Convocar una línia d'ajuts per cofinançar els equips per al tractament dels digestats.	Període execució
	2024-2026
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC

Codi Mesura	Mesura
MD11	Línies d'ajut per promoure la recerca i la innovació enfocada a reduir costos d'equips de tractament de digestat.
Codi Barrera	Barrera
BD8	Cost elevat d'inversió d'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A23 - Desenvolupar línies específiques d'ajuts o que es consideri una prioritat en línies generalistes d'innovació, tals com les convocatòries de Grups Operatius, Activitats Demostratives, Innotrack, etc.	Període execució
	2026-2028
	Organisme Responsable
	Direcció General d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia (DGEA-QG)

Codi Mesura	Mesura
MD12	Acompanyament/assessorament per trobar alternatives en el tractament i gestió dels digestats
Codi Barrera	Barrera
BD8	Cost elevat d'inversió d'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A24 - A través del Grup d'Experts en Tractaments de Dejeccions Ramaderes, assessorar en trobar alternatives de tractament de digestat.	Període execució
	2025-2030
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD13	Determinar la viabilitat tècnica i econòmica d'infraestructures intermèdies i compartides de gestió, emmagatzematge i concentració de nutrients a partir del digestat o els seus derivats
Codi Barrera	Barrera
BD9	Cost elevat d'operació de l'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A25 - Desenvolupar un estudi tècnic per definir quines estructures intermèdies i compartides serien necessàries a Catalunya i determinar la viabilitat tècnica i econòmica d'aquestes infraestructures.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD14	Línies d'ajut per promoure la recerca i la innovació enfocada a reduir costos de tractament de digestat
Codi Barrera	Barrera
BD9	Cost elevat d'operació de l'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A26 - Desenvolupar línies específiques d'ajuts o que es consideri una prioritat en línies generalistes d'innovació, com les convocatòries de Grups Operatius, Activitats Demostratives, Innotrack, etc.	Període execució
	2026-2028
	Organisme Responsable
	DGEAQQ

Codi Mesura	Mesura
MD15	Accés a dades robustes i fiables dels costos de manteniment, consums energètics, consums de reactius i altres materials i dedicació de personal a llarg termini dels equips de tractament
Codi Barrera	Barrera
BD9	Cost elevat d'operació de l'equipament per al tractament del digestat
Accions	
A27 - A través del Grup d'Experts en Tractaments de Dejeccions Ramaderes (GETDR), elaborar un estudi de costos de les principals tecnologies de tractament i valorització de digestat.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD16	Fer públiques les instal·lacions operatives i en tràmit (tant de promoció pública com privada)
Codi Barrera	Barrera
BD10	Risc d'inviabilitat econòmica del sector de digestió anaeròbia per un creixement del sector superior a la demanda real de tractament de materials orgànics
Accions	
A28 – Fer pública la relació d'instal·lacions de digestió anaeròbia (estat -operatives o en tràmit-, ubicació, capacitat, tipologia de residus, etc.) a la web dels diversos departaments de la Generalitat de Catalunya implicats en l'Estratègia catalana de biogàs i en l'Estratègia catalana del digestat.	Període execució
	2025-2030
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD17	Promoure l'ús de residus amb característiques aptes per ser utilitzats com a fertilitzants
Codi Barrera	Barrera
BD11	Dificultat de valorització agronòmica dels digestats i els seus derivats si no s'han pogut homologar com a producte fertilitzant
Accions	
A29 - Analitzar el seguiment administratiu derivat de la normativa de residus (europea, estatal i catalana) sobre la valorització de residus orgànics per proposar millores que afavoreixin aquesta valorització.	Període execució
	2024-2026
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR
A30 - Promoure l'ús d'aquests residus mitjançant: - la creació d'una plataforma catalana de nutrients, - la caracterització i difusió de les seves característiques, - la realització d'estudis i de treballs de camp demostratius.	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD18	Ampliar el contingut sobre el digestat i derivats i el seu ús com a fertilitzant en l'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya
Codi Barrera	Barrera
BD12	Falta de demanda i competitivitat dels fertilitzants obtinguts a partir de digestat i manca de connexions entre tots els actors per estructurar tota la cadena de valor
Accions	
A31 - L'Estratègia de la bioeconomia de Catalunya 2030 es desplega a través de plans d'acció triennals. Aquesta acció comporta aprofundir en el contingut dins del Pla d'acció 2025-2027 en relació amb el digestat i la seva gestió i amb l'obtenció i ús de fertilitzants orgànics de qualitat com un element imprescindible per promoure la bioeconomia a Catalunya.	Període execució
	2026-2027
	Organisme Responsable
	Gabinet Tècnic del DARPA (GT)

Codi Mesura	Mesura
MD19	Promoció de l'ús dels fertilitzants obtinguts a partir de materials orgànics
Codi Barrera	Barrera
BD13	Predomini de la fertilització de base mineral
Accions	
A32 - Promoure la fertilització orgànica a través de plataformes com l'Oficina de Fertilització i d'esdeveniments tals com PRO-FEM, el Congrés de Bioeconomia de Catalunya, jornades PATT, Dia Internacional del Sòl, Setmana Internacional del Compost, etc.	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC
A33 - Promoure l'ús de la plataforma de simbiosi industrial de Catalunya per posar en contacte proveïdors de digestats i dels seus derivats i empreses interessades en poder-los valoritzar.	Període execució
	2025-2027
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR
A34 - Facilitar una llista d'empreses proveïdores de tecnologies de tractament del digestat i fabricants i comercialitzadores de productes fertilitzants orgànics, tot detallant la tipologia de productes que comercialitzen, tal i com ja s'està fent amb empreses proveïdores de tecnologies de tractament de les dejeccions ramaderes.	Període execució
	2025-2030
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD20	Vincular l'ús d'aquests productes a ajuts (p. ex., PAC) i certificacions (p. ex., PAS) que promouen la sostenibilitat
Codi Barrera	Barrera
BD13	Predomini de la fertilització de base mineral
Accions	
A35 - Promocionar la fertilització orgànica amb productes de qualitat i amb bones pràctiques agràries, de manera que sigui susceptible de rebre ajuts (fons climàtic, etc.). Incloure la fertilització orgànica de qualitat en la certificació agrària sostenible (PAS) impulsada pel DARPA.	Període execució
	2025-2030
	Organisme Responsable
	Direcció General de Desenvolupament Rural (DGDR), DGAR, ARC

Codi Mesura	Mesura
MD21	Ajuts a la innovació per millorar les característiques dels fertilitzants obtinguts a partir del tractament del digestat
Codi Barrera	Barrera
BD13	Predomini de la fertilització de base mineral
Accions	
A36 - Desenvolupar línies específiques d'ajuts o que es consideri una prioritat en línies generalistes d'innovació, tals com les convocatòries de Grups Operatius, Activitats Demostratives, Innotrack, etc.	Període execució
	2026-2028
	Organisme Responsable
	DGEAQG

Codi Mesura	Mesura
MD22	Avaluació de la petjada i risc ambiental dels fertilitzants provinents del tractament del digestat en comparació amb els fertilitzants químics
Codi Barrera	Barrera
BD13	Predomini de la fertilització de base mineral
Accions	
A37 - Estudi sobre la petjada ambiental i anàlisi de risc de la producció i l'ús de fertilitzants que provenguin del digestat en comparació amb els fertilitzants d'origen químic.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD23	Establir un sistema de gestió sostenible que permeti monetitzar externalitats positives derivades de la correcta gestió del digestat
Codi Barrera	Barrera
BD13	Predomini de la fertilització de base mineral
Accions	
A38 - Estudiar la inclusió de la fabricació i l'ús de fertilitzants a partir de digestat en un sistema de gestió sostenible assimilable al sistema de certificats d'origen de biometà o al Sistema de Crèdits Climàtics de Catalunya.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	OCCC

Codi Mesura	Mesura
MD24	Promoure la millora de la qualitat d'algunes tipologies de residus orgànics
Codi Barrera	Barrera
BD14	Baixa qualitat d'algunes tipologies de residus, tractats per digestió anaeròbia, que poden afectar la qualitat del digestat
Accions	
A39 - Promoure sistemes de recollida selectiva de residus municipals més eficients per tal que els bioresidus recollits siguin de millor qualitat (menys impropis).	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	ARC
A40 - Promoure actuacions de prevenció qualitativa a la xarxa de sanejament i a les EDAR perquè els fangs d'EDAR siguin de millor qualitat (menors nivells de contaminants).	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	ARC, ACA

Codi Mesura	Mesura
MD25	Promoure la professionalització en aspectes agronòmics de les empreses operadores de plantes de digestió anaeròbia
Codi Barrera	Barrera
BD15	Disponibilitat i capacitat de personal tècnic i comercial
Accions	
A41 - Proposar formacions reglades, tot incloent contingut sobre la gestió i valorització del digestat en els plans d'estudis de graus i màsters universitaris, així com la formació a través de les escoles agràries, mitjançant els cicles formatius i la formació contínua.	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	DGAR, DGEAQG

Codi Mesura	Mesura
MD26	Establir criteris i recomanacions d'emmagatzematge per al digestat o altres fraccions derivades del seu tractament, siguin residus o productes
Codi Barrera	Barrera
BD16	Manca d'emmagatzematge suficient del digestat per poder gestionar-lo en funció de la demanda i èpoques de fertilització
Accions	
A42 - Elaborar guia de criteris i recomanacions tècniques per dimensionar l'emmagatzematge del digestat (o fraccions del tractament).	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD27	Tractar el digestat (deshidratació, compostatge, etc.) per obtenir productes tractats (digestats deshidratats, digestats compostats, o fraccions del seu tractament) que viabilitzin la seva valorització en un entorn més llunyà
Codi Barrera	Barrera
BD17	Manca de superfície agrícola propera suficient per poder gestionar el digestat
Accions	
A43 - Promoure el tractament del digestat en cas que no es disposi de superfície agrícola propera suficient per gestionar-lo o, alternativament, ajustar les entrades de materials orgànics a la capacitat real de gestió del digestat.	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR

Barreres tecnològiques

Codi Mesura	Mesura
MD28	Incloure llistat d'empreses proveïdores de tecnologies de tractament als portals web del DARPA i ARC
Codi Barrera	Barrera
BD18	Manca de tecnologies innovadores de tractament del digestat
Accions	
A44 - Incloure llistat d'empreses proveïdores de tecnologies de tractament als portals web del DARPA i ARC	Període execució
	2024-2030
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD29	Ajuts a la recerca i a la innovació de nous tractaments del digestat i millora dels existents
Codi Barrera	Barrera
BD18	Manca de tecnologies innovadores de tractament del digestat
Accions	
A45 - Desenvolupar línies específiques d'ajuts o que es consideri una prioritat en línies generalistes d'innovació, com les convocatòries de Grups Operatius, Activitats Demostratives, Innotrack, etc.	Període execució
	2026-2028
	Organisme Responsable
	DGEAQG

Codi Mesura	Mesura
MD30	<i>Benchmarking</i> sobre tractaments del digestat a altres països i territoris
Codi Barrera	Barrera
BD18	Manca de tecnologies innovadores de tractament del digestat
Accions	
A46 - Elaborar un informe basat en les tecnologies i estratègies existents en territoris on el sector del biogàs estigui més desenvolupat, com Dinamarca, França, Alemanya o Itàlia, dins la Unió Europea, i països fora de la Unió Europea, com Xina, Brasil o Estats Units.	Període execució
	2024-2026
	Organisme Responsable
	ACCIÓ, Clúster Bioenergia Catalunya (CBC), ARC, DGAR
A47 - Promoure i organitzar viatges a països on els tractaments del digestat estiguin més desenvolupats per tal que els diferents agents del sector català (sector privat, centres de recerca i administració) puguin conèixer la realitat d'altres entorns.	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	ACCIÓ, CBC, ARC, DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD31	Incloure l'avaluació de tecnologies (no consolidades) del tractament del digestat de residus dins de l'àmbit d'actuació del Grup d'Experts en Tractaments de Dejeccions Ramaderes (GETDR)
Codi Barrera	Barrera
BD18	Manca de tecnologies innovadores de tractament del digestat
Accions	
A48 - Incloure l'avaluació de tecnologies emergents (o no consolidades) del tractament del digestat dins l'àmbit d'actuació del Grup d'Experts en Tractaments de Dejeccions Ramaderes (GETDR) que el DARPA va crear per analitzar les diferents opcions de tractament amb l'objectiu d'assolir una bona qualitat dels sòls i de les aigües, tant a nivell individual com en sistemes conjunts.	Període execució
	2025
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD32	Promoure la formació de tècnics per operar els tractaments dels digestats
Codi Barrera	Barrera
BD19	Manca de personal amb formació tècnica en el maneig de tecnologies de tractament del digestat
Accions	
A49 - Disseny i implementació de cursos de formació en operació de tecnologies de tractament de digestats dirigits a professionals o futurs professionals tècnics.	Període execució
	2024-2028
	Organisme Responsable
	DGAR

Barreres ambientals

Codi Mesura	Mesura
MD33	Promoure l'aplicació de MTDs per tal d'evitar o minimitzar les emissions d'amoníac
Codi Barrera	Barrera
BD20	Risc d'augmentar les emissions d'amoníac en l'emmagatzemat i aplicació del digestat
Accions	
A50 - Promoure l'aplicació de MTD en les infraestructures d'emmagatzematge de digestat així com en els sistemes d'aplicació d'aquest.	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	DGAR
A51 - Línia d'ajuts per invertir en MTD tant dels sistemes d'emmagatzematge com dels sistemes d'aplicació agrícola del digestat.	Període execució
	2026-2028
	Organisme Responsable
	DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD34	Promoure la digestió anaeròbica de materials orgànics en origen i descentralitzada
Codi Barrera	Barrera
BD21	Risc d'increment de concentració de nutrients en territoris que generen gran quantitat de dejeccions ramaderes
Accions	
A52 - Incentivar la gestió descentralitzada de materials orgànics (residus o no) per evitar la importació i concentració de residus orgànics en zones vulnerables.	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	ARC, DGAR

Codi Mesura	Mesura
MD35	Promoure l'exportació de nutrients en forma de fertilitzants concentrats d'alta qualitat
Codi Barrera	Barrera
BD21	Risc d'increment de concentració de nutrients en territoris que generen gran quantitat de dejeccions ramaderes
Accions	
A53 - Assegurar que, en cas que s'importin nutrients a zones amb elevada quantitat de dejeccions ramaderes, siguin exportats a zones amb demanda de nutrients mitjançant la producció de productes d'alt valor afegit.	Període execució
	2026-2030
	Organisme Responsable
	DGAR

Barreres socials

Codi Mesura	Mesura
MD36	Informar la població respecte als beneficis dels projectes del biogàs i del tractament dels residus per obtenir productes valoritzables
Codi Barrera	Barrera
BD22	Manca d'acceptació social de les plantes de digestió anaeròbia de residus orgànics, especialment les de gran capacitat
Accions	
A54 – Realitzar jornades informatives sobre els impactes/beneficis de les plantes de biogàs i tractament i ús agronòmic del digerit a les poblacions que tinguin algun projecte amb aquesta tecnologia.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC
A55 – Realitzar publicacions, entrevistes i reportatges amb l'objectiu d'explicar a la societat els impactes/beneficis dels projectes de plantes de biogàs i tractament i ús agronòmic del digerit.	Període execució
	2025-2026
	Organisme Responsable
	DGAR, ARC

BLOC IV

Governança

Atès que la gestió dels digestats està intrínsecament lligada a les mateixes plantes de biogàs, la governança es durà a terme pels mateixos òrgans que en el cas de l'Estratègia catalana del biogàs, de manera que s'assoleix una economia de recursos i una major agilitat administrativa.

D'aquesta manera, els grups de treball establerts a l'Estratègia del biogàs són els mateixos que en l'Estratègia del digestat, essent constituïts pel Comitè Director, pel Comitè Tècnic i pel Consell Assessor, amb la composició descrita a l'Estratègia del biogàs. En el cas de la coordinació del Comitè Tècnic de l'Estratègia catalana del digestat, en lloc de dur-se a terme per part de la Subdirecció General d'Agricultura i l'Institut Català d'Energia, es realitzarà per la Subdirecció General d'Agricultura i l'Agència de Residus de Catalunya.

Bibliografia

Andlar, M., Belskaya H., Morzak G., Ivančić M., Rezić T., Petravić V., & Šantek B. University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, Pierottijeva 6, HR- 10000 Zagreb, Croatia 2 Belarussian National Technical University, Mining Engineering and Engineering Ecology Faculty, Nezavisimosti Ave. 65, BY-220013 Minsk, Belarus.

Angouria-Tsorochidou, E., Seghetta, M., Trémier, A., & Thomsen, M. (2022). Life cycle assessment of digestate post-treatment and utilization. *Science of the Total Environment*, 815, 152764.

Bamelis, L., Blancke, S., Camargo-Valero, M., de Clercq, L., Haumont, A., de Keulanaere, B., Delvigne, F., Meers, E., Michels, E., Ramirez-Sosa, D., Ross, A., Smeets, H., Tarayre, C. & Williams, P. (2015). Recycling inorganic chemicals from digestate derivatives. Techniques for nutrient recovery from digestate derivatives. In *Biorefine*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3894.6962>

Bolzonella, D., Fatone, F., Gottardo, M. & Frison, N. (2018) Nutrients recovery from anaerobic digestate of agro-waste: Techno-economic assessment of full scale applications. *J Environ Manage.* Jun 15; 216:111-119. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.08.026. Epub 2017 Aug 26. PMID: 28847598.

Cáceres, R., Malińska, K. & Marfà, O. (2018). Nitrification within composting: A review. *Waste Management*, 72, 119-137.

Cesaro, A. The valorization of the anaerobic digestate from the organic fractions of municipal solid waste: Challenges and perspectives. *Journal of Environmental Management* 280 (2021), 111742.

Chen, G.-Q., Chen, X.-Y., Wu, F.-Q. & Chen, J.-C. Polyhydroxyalkanoates (PHA) toward cost competitiveness and functionality. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), (2020)., 1–7

Chojnacka, K., Moustakas, K. & Witek-Krowiak A. (2019) Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresour Technol.* 2020 Jan; 295:122223. doi: 10.1016/j.biortech.2019.122223. Epub 2019 Oct 3. PMID: 31623921.

Czekala, W., et al. (2023) Sustainable management and recycling of anaerobic digestate solid fraction by composting: A review. *Bioresource Technology* 375

Desmidt, E., Ghyselbrecht, K., Zhang, Y., Pinoy, L., Van der Bruggen, B., Verschaete, W. & Meesschaert, B. (2015). Global phosphorus scarcity and fullscale P-recovery techniques: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(4), 336-384.

Drosg, B., Fuchs, W., Al Seadi, T., Madsen, M., & Linke, B. (2015). Nutrient recovery by biogas digestate processing (pp. 7-11). Dublin: IEA Bioenergy.

Flotats, X. & Fernández, B. (2008) Tratamiento Anaerobio de Residuos de la Industria Alimentaria. GIRO Centro Tecnológico. II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria, V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos.

Flotats, X., Bonmatí, A., Fernández, B., Sales, D., Aymerich, E., Irizar, J., Palatsi, J., Romero, L.I., Pérez, M., Vicent, T. & Font, X. (2016). Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeròbica. Volumen II.4 de la colección De Residuo a Recurso, el camino hacia la sostenibilidad. Red Española de Compostaje, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. ISBN: 9788484766292. 442 pp. <http://hdl.handle.net/2117/98796>

Fouda, S. (2011). Nitrogen availability of biogas residues (Doctoral dissertation, Technische Universität München).

Fuchs, W. & Drosg, B. (2013). Assessment of the state of the art of technologies for the processing of digestate residue from anaerobic digesters. Water Science and Technology, 67(9), 1984–1993. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.075>

Gilbert, J. & Ricci-Jürgensen, M. (2021). Benefits of compost and anaerobic digestate when applied to soil. ISWA.

Gilbert, J. & Ricci-Jürgensen, M. (2021). Quantifying the benefits of applying quality compost to soil. ISWA

Gilbert, J. & Siebert, S. (2022). Compost and digestate for a circular bioeconomy “Overview of Bio-Waste Collection, Treatment & Markets Across Europe. European Compost Network e.V. ECN Data Report 2022. <https://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/ECN-rapport-2022.pdf>

Głowacka, A., Szostak, B. and Klebaniuk, R. (2020). Effect of Biogas Digestate and Mineral Fertilisation on the Soil Properties and Yield and Nutritional Value of Switchgrass Forage. Agronomy, 10(4), 490; <https://doi.org/10.3390/agronomy10040490>

Husgafvel, R., Karjalainen, E., Linkosalmi, L., & Dahl, O. (2016). Recycling industrial residue streams into a potential new symbiosis product—The case of soil amelioration granules. Journal of Cleaner Production, 135, 90-96.

Johansen, A., Nielsen, H.B., Hansen, C.M., Andreasen, C., Carlsørg, J., Hauggard-Nielsen, H. & Roepstorff, A. (2013) Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso- and thermophilic conditions. Waste Manag. Apr;33(4):807-12. doi: 10.1016/j.wasman.2012.11.001. Epub 2012 Dec 21. PMID: 23266071.

- Kleemann, R., Chenoweth, J., Clift, R., Morse, S., Pearce, P., & Saroj, D.** (2017). Comparison of phosphorus recovery from incinerated sewage sludge ash (ISSA) and pyrolysed sewage sludge char (PSSC). *Waste Management*, 60, 201-210.
- Kowalczyk-Juśko, A., Pochwatka, P., Mazurkiewicz, J., Pulka, J., Kępowicz, B., Janczak, D. & Dach, J.** (2023) Reduction of Greenhouse Gas Emissions by Replacing Fertilizers with Digestate. *Journal of Ecological Engineering*, 24(4), 312-319. <https://doi.org/10.12911/22998993/161013>
- Kratzeisen, M., Starcevic, N., Martinov, M., Maurer, C., & Müller, J.** (2010) Applicability of biogas digestate as solid fuel. *Fuel*, 89(9), 2544–2548
- Laureni, M., Palatsi, J., Llovera, M., & Bonmatí, A.** (2013). Influence of pig slurry characteristics on ammonia stripping efficiencies and quality of the recovered ammonium-sulfate solution. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88(9), 1654-1662.
- Lyons, G.A., Cathcart, A., Frost, J.P., Wills, M., Johnston, C., Ramsey, R. & Smyth, B.,** 2021. Review of Two Mechanical Separation Technologies for the Sustainable Management of Agricultural Phosphorus in Nutrient-Vulnerable Zones. *Agronomy* 11, 836. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050836>.
- Mejías, L.; Cerdà, A., Barrena, R., Gea, T., & Sánchez, A.** Microbial strategies for cellulase and xylanase production through solid-state fermentation of digestate from biowaste. *Sustainability (Switzerland)* 10(7), (2018).
- Mejías, L., Estrada, M., Barrena, R., Gea, T.** (2020) A novel two-stage aeration strategy for *Bacillus thuringiensis* biopesticide production from biowaste digestate through solidstate fermentation. *Biochem. Eng. J.* 161, 107644.
- Molinuevo-Salces, B., Ahring, B.K. & Uellendahl, H.** (2015) Optimization of the Co-Digestion of Catch Crops with Manure Using a Central Composite Design and Reactor Operation. *Appl Biochem Biotechnol* 175, 1710–1723 <https://doi-org.biblioremot.uvic.cat/10.1007/s12010-014-1391-3>
- Mioduska, J., Grabowiec, A. & Hupka, J.** (2023) Digestate quality originating from kitchen waste. *Appl. Sci.* , 13, 10353. <https://doi.org/10.3390/app131810353>
- Morey Gual, L.** (2023) Closing loops in intensive livestock systems: Innovative strategies for nutrient recycling and emissions reduction (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya)

Pagà, C., Galdámez, E., Pi-Suñer, J., Carreras, R., & Pous, J. (2023). BIOGÀS IMPULSA'T: Guia per al desenvolupament sostenible del biogàs i el biometà a Catalunya (2a ed.). Clúster de la Bioenergia de Catalunya. <https://www.clusterbio-energia.cat/wp-content/uploads/2023/11/BiogasImpulsat.pdf>

Palansooriya, K., Dissanayake, P., Igalvithana, A., Tang, R., Cai, Y. & Chang, S. (2023) Converting food waste into soil amendments for improving soil sustainability and crop productivity: A review. *Science of The Total Environment* 881, 163311

Pappalardo, G., Selvaggi, R. & Lusk, J. L. (2019). Procedural invariance as a result of commitment costs: evidence from an economic experiment on farmers' willingness to pay for digestate, *Applied Economics Letters*, 26:15, 1243-1246, doi: 10.1080/13504851.2018.1545070.

Reuland, G., Sigurnjak, I., Dekker, H., Michels, E. & Meers, E. (2021) The Potential of Digestate and the Liquid Fraction of Digestate as Chemical Fertiliser Substitutes under the RENURE Criteria. *Agronomy*, 11, 1374. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071374>

Risberg, K., Cederlund, H., Pell, M., Arthurson, V. & Schnürer, A. (2017) Comparative characterization of digesta té versus pig slurry and cow manure – Chemical composition and effects on soil microbial activity. *Waste Management*, 61. 529-538 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.016>

Salamat, R., et al. (2020) Drying of biogas digestate: A review with a focus on available drying techniques, drying kinetics, and gaseous emission behavior. *Drying Technology* 40, 1-29

Saveyn, H. & Eder, P. (2013) End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost and digestate): Technical proposals . EUR 26425. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union;. JRC87124 <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC87124>

Van Schöll, L., Riechelman, W. H. & Postma, R. (2023) Technical study on the elaboration of the technical documentation for the FPR. Inception report. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Report 1935.N.22a, pp 65

Schoumans, O. F., al Bouraoui, F., Kabbe, C., Oenema, O. & van Dijk, K.C. (2015). Phosphorus management in Europe in a changing world. *Ambio: A Journal of Environment and Society*, 44 (Suppl. 2):S180–S192

Sengupta, S., Nawaz, T., & Beaudry, J. (2015). Nitrogen and phosphorus recovery from wastewater. *Current Pollution Reports*, 1, 155-166.

Servei d'Estadística i Preus Agroalimentaris – Gabinet Tècnic – DARPA (2022) Superfícies i produccions dels conreus agrícoles any 2022 <https://agricultura.gen-cat.cat/ca/departament/estadistiques/agricultura/estadistiques-definitives-con-reus/>

Shi, L., Simplicio, W. S., Wu, G., Hu, Z., Hu, H., & Zhan, X. (2018). Nutrient recovery from digestate of anaerobic digestion of livestock manure: A review. *Current Pollution Reports*, 4(2), 74-83. doi:10.1007/s40726-018-0082-z

Sigurnjak, I., Brienza, C., Snauwaert, E., De Dobbelaere, A., De Mey, J., Vaneckhaute, C. & Meers, E. (2019). Production and performance of bio-based mineral fertilizers from agricultural waste using ammonia (stripping-) scrubbing technology. *Waste Management*, 89, 265-274.

Tambone, F., et al. (2015) Composting of the solid fraction of digestate derived from pig slurry: Biological processes and compost properties. *Waste Management*, 35, 55-61 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.10.014>

Timonen, K., Sinkko, T., Luostarinen, S., Tampio, E. & Joensuu, K. (2019) LCA of anaerobic digestion: Emission allocation for energy and digestate. *Journal of Cleaner Production*, Volume 235, 2019, Pages 1567-1579, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.085>.

Vautrin, F., Piveteau, P., Cannavacciuolo, M., Barré, P., Chauvin, C., Villenave, C., Cluzeau, D., Hoeffner, K., Mulliez, P., Jean-Baptiste, V., Vrignaud, G., Tripiet, J., Dequiedt, S., Maron, P.A., Ranjard, L. & Sadet-Bourgeteau, S. (2024) The short-term response of soil microbial communities to digestate application depends on the characteristics of the digestate and soil type. *Applied Soil Ecology*, 193, 105105, ISSN 0929-1393, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.10510>

Wang, A.O., Ptacek, C.J., Paktunc, D., Mack, E.E., Blowes, D.W. (2020). Application of biochar prepared from ethanol refinery by-products for Hg stabilization in floodplain soil: Impacts of drying and rewetting. *Environ. Pollut.* 267, 115396.

Wang, W., Chang, J., Lee, D. Anaerobic digestate valorization beyond agricultural application: Current status and prospects. *Bioresource Technology* 373 (2023), 128742

Zarebska, A., Romero Nieto, D., Christensen, K. V., Fjerbæk Søtoft, L. & Nordahl, B. (2015). Ammonium fertilizers production from manure: a critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(14), 1469-1521

