



LIFE12 ENV/ES/000647

**ALTERNATIVES DE GESTIÓ
DE DEJECCIONS RAMADERES
TECNOLOGIES APLICABLES**

LIFE+ FUTUR AGRARI

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
2. ALTERNATIVES ACTUALS DE GESTIÓ	4
2.1 Reducció en origen	4
2.1.1 Tractaments de gestió en origen	5
3. BIBLIOGRAFIA.....	15

1. Introducció

El desenvolupament de la ramaderia intensiva durant les últimes dècades s'ha basat en la implantació de profunds canvis en els sistemes de producció que han permès satisfer la demanda creixent d'aliments d'origen animal a un preu accessible per a tota la població, contribuint en aquest sentit i de forma important al desenvolupament de la societat del benestar. Alhora, aquesta intensificació de la producció ramadera ha originat un augment de la problemàtica mediambiental lligada a l'activitat pecuària en les zones on el creixement ha estat desordenat.

La producció porcina és una de les principals pressions agràries sobre el medi ambient, ja que s'ha anat concentrant en explotacions més grans i més especialitzades. Aquest fet ha implicat una desvinculació del sector amb la terra arribant en zones com Catalunya, on el cens de porcs representa el 28% del cens espanyol, però la superfície agrícola útil de Catalunya només representa el 5%.

Les grans concentracions a nivell local o regional impliquen un alt risc per al medi ambient pel fet que la producció de fems no està equilibrada amb la disponibilitat de la terra i amb les necessitats dels cultius. Aquest desequilibri crea un superàvit de nutrients, gran part dels quals, tard o d'hora, es perd en l'aigua (nitrats i fosfats) i en l'aire (amoníac i òxids de nitrogen) si no s'exporten fora de la regió.

El volum de purí es concentra principalment en 10 comarques. Les tres comarques amb una generació més elevada de purins són el Segrià, Osona i la Noguera, amb més d'un milió de metres cúbics anuals cadascuna, i les altres set presenten produccions de purins entre 350.000 i 550.000 m³/any, i són el Bages, el Pla d'Urgell, l'Urgell, l'Alt Empordà, la Segarra, les Garrigues i el Berguedà.

El tipus de dejecció que es genera en les explotacions porcines és el purí, amb un volum estimat d'uns 1,65 m³/plaça d'engreix i any i una generació de nitrogen de 7,25 kg de nitrogen / plaça d'engreix i any. La generació de nitrogen procedent dels purins de les truges és de 15 kg N / plaça i any, amb un volum de 5,1 m³ / plaça i any.

La gestió actual de les dejeccions consisteix majoritàriament en la seva aplicació directa al camp com a fertilitzant, tot i que en algunes zones de Catalunya aquesta

gestió resulta molt costosa. Això és degut al fet que, per una banda, les zones amb una elevada densitat ramadera es troben molt allunyades de les terres susceptibles d'utilitzar el purí com a fertilitzant i, de l'altra, aquest purí està format per un 95% d'aigua, que també ha de ser transportada, i augmenta així els costos de fertilització.

2. Alternatives actuals de gestió

2.1 Reducció en origen

Per dur a terme una bona gestió dels purins a l'explotació, és necessari, en primer lloc, prendre mesures preventives per tal de disminuir el purí produït, reduint així la necessitat d'aplicar mesures correctores més endavant.

Hi ha 3 motius bàsics pels quals els ramaders han de fer èmfasi en la reducció del volum generat en la seva explotació:

1. Mediambiental: reduir les emissions al medi és un dels pilars del desenvolupament sostenible (reduir, reciclar, reutilitzar).
2. Econòmic: en el compte de despesa d'una explotació la gestió de purí representa un cost fix per metre quadrat.
3. Legislatiu: explotacions sotmeses a autorització ambiental integrada (AAI) tenen l'obligació de seguir les millores tècniques disponibles (MTD) en el control i la reducció del volum de purí produït en la seva explotació.

Les alternatives de reducció en origen que hi ha a la gestió de les dejeccions són dues:

- Reducció del volum de dejecció, que en el cas dels purins s'emmarca dins de la reducció i l'optimització de l'aigua.
- Reducció de nutrients i altres elements contaminants dels purins. En aquest cas, bàsicament hi ha dues estratègies: reducció i / o substitució d'aquests elements en les dietes, o millorar les eficiències de digestió perquè quedin retinguts en l'animal i no siguin excretats.

2.1.1 Tractaments de gestió en origen

S'entén per estratègia de tractament la combinació de processos per tal d'aconseguir un objectiu determinat. No hi ha una estratègia de tractament única: la idoneïtat d'una o altra i la possibilitat d'èxit, es veurà influenciada per les condicions de l'entorn, els objectius plantejats i l'escala de tractament.

Per definir quina és l'estratègia de tractament més adequada en una circumstància determinada, s'ha de partir de la definició clara del problema a resoldre (p. ex., problemes de males olors, excés de nitrogen, etc.) i de l'objectiu que ha de complir el sistema de tractament (p. ex., estabilitzar la matèria orgànica i controlar les males olors, eliminar el 70% del nitrogen amoniacal, etc.).

En un escenari en què hi hagi equilibri entre la producció anual de dejeccions ramaderes i les Necessitats dels cultius, la construcció estratègica de basses d'homogeneïtzació i una correcta planificació són suficients per gestionar correctament. Si es plantegen altres objectius, com el de cobrir consums propis d'energia i controlar les males olors o estabilitzar la matèria orgànica, tractaments com la digestió anaeròbia o el compostatge de la fracció sòlida també poden ser interessants. En aquelles situacions en què hi ha un excedent de nitrogen i un equilibri de la resta dels nutrients, cal incloure en l'estratègia de tractament algun procés que actuï sobre el nitrogen, eliminant o recuperant. En un context en què la tendència és tancar cicles, els processos de recuperació de nutrients (p. ex., *stripping* [arrossegament / absorció]) s'hauran de prioritzar davant els d'eliminació. En aquest cas, els beneficis econòmics que es poden obtenir de la venda dels productes finals obtinguts (aigües amoniacals, sals d'amoni, etc.) determinen en gran mesura les possibilitats d'èxit.

La implicació de les empreses de fabricació de fertilitzants, definint la qualitat dels productes i incorporant-los en els seus processos productius, pot ser clau per a l'èxit d'aquests tractaments.

Els processos d'eliminació com la nitrificació-desnitrificació (NDN) també poden tenir un paper important en el tractament de la fracció líquida de subproductes amb alt contingut de nitrogen amoniacal, sobretot en aquelles circumstàncies en què l'economia d'escala no permet la implantació d'un sistema de recuperació.

Finalment, quan hi ha un excedent estructural de nutrients (nitrogen i fòsfor), són necessàries estratègies que tinguin com a objectiu facilitar el transport d'excedent estructural fora de la zona, o bé que combinin l'eliminació del nitrogen i el transport fora de la zona d'excedent estructural de la fracció restant que encara contingui el fòsfor. Evidentment, si els productes dels tractaments aplicats tenen valor afegit i per tant demanda en el mercat de fertilitzants orgànics i/o minerals, serà possible l'autofinançament dels tractaments (si més no, parcialment).

Les pròpies característiques del purí també són determinants per al tipus de tractament a aplicar. Atesa la composició dels purins, el seu tractament pot resultar una eina molt útil per augmentar la capacitat de gestió i millorar les característiques com a producte de qualitat, amb un important valor nutricional per als cultius en determinades circumstàncies.

Taula 1.- Síntesi d'operacions aplicables al tractament de les dejeccions ramaderes. (Font: Informe per a la millora de la gestió dels purins porcíns a Catalunya, 2009)

Objectiu principal	Procés
1. Tractaments que actuen sobre les propietats físiques i químiques	1.1-Incorporació d'additius 1.2-Separació sòlid-líquid 1.3-Electrocoagulació 1.4-Membranes / Òsmosi inversa
2. Tractaments d'estabilització de la matèria orgànica (m.o.)	2.1-Compostatge (de la m.o. sòlida o apilable) 2.2-Digestió aeròbica autotèrmica (ATAD) 2.3-Ozonització
3. Tractaments amb producció d'energia	3.1-Digestió anaeròbia 3.2-Conversió termoquímica (TCC) 3.3-Producció d'hidrogen 3.4-Bioelectricitat (MFC)
4. Tractaments que actuen sobre el contingut de nutrients (N i/o P)	4.1-Nitrificació-desnitrificació (NDN) 4.2-Nitrificació parcial-anammox 4.3-Stripping / Absorció 4.4-Eliminació de fòsfor
5. Tractaments que actuen sobre el contingut d'aigua	5.1-Evaporació / Assecatge 5.2-Bioassecatge

2.1.1.1. Tractaments que actuen sobre les propietats físiques i químiques:

a) Incorporació d'additius:

Hi ha un gran nombre de productes químics o biològics que s'apliquen als purins o en algun cas als pinsos (quan són coadjuvants alimentaris autoritzats) amb l'objectiu de millorar el benestar animal, millorar l'ambient en els locals d'estabulació i el maneig, així com l'aplicació agrícola posterior de les dejeccions. Aquests additius es poden aplicar directament als corrals, fosses o basses, o en el moment de carregar el purí a la cisterna d'abonament. Actuen reduint les emissions gasoses contaminants, fluidificant, homogeneïtzant, transformant part del nitrogen amoniacal en orgànic i millorant la separació de fases. És important conèixer amb exactitud l'acció d'aquests compostos i la seva eficàcia (en molts casos no contrastada), i el maneig recomanable per tal que siguin eficients (dosi a aplicar, freqüència, etc.). Cal assenyalar, però, que aquests compostos poden ser efectius per a una cosa, però perjudicials per a una altra, i que, segons les condicions de treball de l'explotació, es poden obtenir rendiments molt variables amb resultats que no sempre són satisfactoris.

b) Separació sòlid-líquid:

El procés de separació de fases permet dividir els purins en dues fraccions diferents, una fase sòlida (FS), amb un contingut en sòlids més elevat que les dejeccions originals, i una fase líquida (FL), una fracció aquosa que conté elements dissolts i en suspensió. La separació sòlid-líquid no modifica el contingut de components de les dejeccions, però permet una redistribució dels constituents i, per tant, millora la capacitat de gestió. Així, s'afavoreix l'aplicació de línies de tractament, transport i aplicació al sòl diferents per a cadascuna de les dues fases obtingudes. En aquest sentit, la FS resultant es podrà estabilitzar mitjançant un procés de compostatge o transportar zones llunyanes, i la FL es podrà tractar o bé aplicar directament a terres agrícoles en els voltants de l'explotació.

Treballar amb dejeccions acabades de generar, així com evitar períodes prolongats d'emmagatzematge de les fraccions ja separades, permeten evitar fenòmens de degradació incontrolada. Gràcies a aquesta pràctica de maneig és possible millorar eficiències de separació, reduir les emissions de males olors i les pèrdues per volatilització o la solubilització de determinats components.

Pel que fa a sistemes mecànics de separació, es poden classificar en tres grans grups segons quin sigui el tipus de força que possibilita el procés: la gravetat, la compressió o la centrífuga.

En explotacions porcines es troben un gran nombre d'equips de separació de fases com a tractament individual o com a pretractament d'algun altre sistema de tractament més intensiu. Els rendiments màssics que s'obtenen en aquests casos són elevats i reporten una millora important en la gestió de les dejeccions.

b.1) Electrocoagulació:

L'electrocoagulació es pot definir com un procés mitjançant el qual es desestabilitzen les partícules en suspensió, en emulsió o dissoltes en un medi aquós, fent passar un corrent elèctric a través d'aquest. L'agent que provoca la desestabilització dels col·loides és el corrent elèctric, que seria l'equivalent als agents coagulants químics en un procés de coagulació-floculació convencional. L'electròlisi que es produeix en el si del líquid, provocada pel corrent elèctric, afecta els compostos oxidables i reduïbles, i solubilitza els cations metàl·lics (Fe^{3+} , Al^{3+} , etc.) procedents dels denominats 'elèctrodes sacrifici'. La formació d'hidròxids que precipiten, juntament amb els corrents d'ions i partícules carregades, creades pel camp elèctric, augmenten la probabilitat de col·lisió entre partícules i formen agregats fàcilment separables. Un cop formats els agregats, aquests se separen del líquid mitjançant un procés de flotació, aprofitant la formació d' O_2 i H_2 durant l'electròlisi, o per sistemes mecànics convencionals de separació de fases.

b.2) Filtració per membrana / òsmosi inversa:

L'objectiu d'aquest procés és separar els sòlids d'una determinada grandària de la matriu líquida i obtenir un corrent amb un baix contingut de sòlids (permeat) i un corrent concentrat. En funció de la mida de porus de la membrana semipermeable, es parla de microfiltració, ultrafiltració o nanofiltració. En el cas que se subministri pressió per invertir el flux osmòtic, s'anomena 'òsmosi inversa'. La seva viabilitat econòmica limita seriosament l'aplicació en el tractament de purins de porc, ja que és necessari un pretractament intensiu, es produeixen obturacions i incrustacions que obliguen a canviar freqüentment les membranes i tenen un elevat cost energètic.

2.1.1.2. Tractaments d'estabilització de la matèria orgànica:

Tot i que el purí té un contingut de matèria orgànica (MO) baix, es pot plantejar estabilitzar per obtenir així un producte amb millors característiques com a fertilitzant i per minimitzar l'emissió d'olors molestes durant la seva aplicació al sòl.

a) Compostatge:

El procés de compostatge consisteix en la descomposició biològica aeròbica i l'estabilització de substrats orgànics sota condicions que permeten el Desenvolupament de temperatures termòfiles (entre 50 i 70°C), com a resultat de la generació d'energia calorífica d'origen biològic, del qual s'obté un producte final estable, lliure de patògens i llavors, anomenat 'compost'. A causa de l'acció dels microorganismes, es consumeix oxigen i es produeixen diòxid de carboni, aigua i calor.

El tractament requereix aire, que pot ser subministrat per volteig de la pila o per sistemes de ventilació forçada, més complexos. Perquè el procés de compostatge tingui lloc, són necessàries unes condicions inicials:

- Una humitat entre el 40 i el 65%.
- Porositat del residu suficient per permetre el pas de l'aire, amb estructura i evitar zones d'anaerobiosi.
- La relació C/N és clau per al correcte desenvolupament del compostatge. Es recomanen valors entre 25 i 35, perquè valors superiors limiten la velocitat del procés i valors inferiors provoquen l'emissió de grans quantitats de nitrogen en forma d'amoníac.

En molts casos, cal barrejar la fracció sòlida dels purins amb material vegetal, tant per regular la humitat o la porositat, com la relació C/N. Les altes temperatures del procés permeten la higienització de les dejeccions, eliminant patògens, llavors i ous d'insectes. Per això, és convenient assegurar que s'arriba a temperatures termòfiles durant un temps prou llarg. També s'eliminen males olors, per descomposició de compostos volàtils, i es redueixen el pes i el volum durant la degradació de la matèria orgànica a CO₂, sobretot per l'evaporació d'aigua.

b) Digestió aeròbia:

És el procés equivalent al compostatge, però aplicat a un residu líquid. Quan el residu té la suficient matèria orgànica com perquè la seva degradació generi un increment de temperatura fins al rang termòfil i es mantingui aquesta temperatura, el procés rep el

nom d'ATAD, acrònim anglès *d'Autoheated Thermophilic Aerobic Digestion*. De la mateixa manera que en el compostatge, la matèria orgànica es degrada biològicament en presència d'oxigen, mitjançant reaccions exotèrmiques, de manera que si el procés es desenvolupa en reactors convenientment aïllats, la temperatura s'incrementarà fins per sobre dels 50°C.

c) Ozonització:

L'ozó (O₃) és un oxidant molt potent. L'aplicació en el tractament de dejeccions ramaderes té interès com a suport per tractaments posteriors. Hi ha alguna experiència en plantes centralitzades de tractament de purins. La principal limitació és la generació d'escumes (l'oxidació violenta genera grans quantitats de CO₂ i altres compostos volàtils) i el seu alt cost econòmic en relació amb la seva efectivitat.

2.1.1.3. Tractaments amb producció d'energia:

Alternativament a l'estabilització de la matèria orgànica al medi aerobi, es pot aplicar una estabilització de la matèria orgànica en medi anaerobi amb l'avantatge de recuperar part de l'energia continguda en forma de metà. El procés més conegut i implantat és la digestió anaeròbia per a la producció de metà.

a) Digestió anaeròbia:

La descomposició microbiològica anaeròbia de la matèria orgànica produeix un gas combustible. Si aquest gas conté metà (CH₄) en concentracions superiors al 60%, amb un poder calorífic inferior de l'ordre de 5.500 kcal/m³ es designa com a biogàs. Controlant el procés, es pot optimitzar la descomposició de la matèria orgànica i la producció de biogàs.

Codigestió

La codigestió és la digestió conjunta de dues o més substrats diferents. S'utilitza per optimitzar la digestió anaeròbia i superar algunes de les limitacions en la implantació d'aquest procés. L'avantatge principal rau en l'aprofitament de la sinergia de les mescles, compensant les mancances de cada un dels substrats per separat. Un contingut en nutrients equilibrat, una relació C/N apropiada i un pH estable són requisits necessaris perquè el procés es desenvolupi de manera estable.

b) Conversió termoquímica (TCC)

Aquest procés (*TermoChemical Conversion-TCC*) pretén obtenir un combustible líquid a partir de la matèria orgànica que contenen les dejeccions ramaderes, mitjançant l'aplicació d'altres temperatures i pressió en absència d'oxigen. En aquestes condicions, els compostos orgànics de cadena llarga es trenquen formant molècules de cadena curta (combustible líquid), amb la qual cosa s'obté una barreja de (CH_4 , CO_2 , etc.), aigua tractada i un residu sòlid.

c) Producció d'hidrogen

El procés de producció d'hidrogen és una digestió anaeròbia a la qual s'han inhibit els microorganismes metanogènics que utilitzen l'hidrogen per produir metà. La inhibició d'aquests microorganismes es pot realitzar mitjançant un tractament tèrmic (100°C durant 2 hores) per seleccionar els bacteris formadors d'espores, combinat amb un control específic sobre el procés (taxes de dilució elevades, pH baix, baixos temps de retenció, etc.).

d) Generació de bioelectricitat

Un altre procés prometedor, però que encara requereix ser optimitzat per a l'aplicació a escala industrial, i que consisteix en la generació de bioelectricitat en les anomenades cel·les microbiològiques. El procés es basa en la generació directa d'electricitat a partir de l'oxidació de la matèria orgànica en condicions anaeròbies quan el receptor final d'electrons és un elèctrode. Els electrons transferits a l'ànode, mitjançant intermediaris o directament, es transfereixen al càtode on juntament amb el protó alliberat en la degradació de la matèria orgànica i oxigen formaran aigua.

2.1.1.4. Tractaments que actuen sobre el contingut de nutrients (N/P):

Tal com s'ha indicat anteriorment, conceptualment, en un context tendent a tancar cicles, els processos de recuperació de nutrients s'han de prioritzar respecte als d'eliminació. Malauradament, condicionants econòmics, de localització, o bé dificultats per valoritzar els productes recuperats, poden influir en la decisió del tipus de tractament a aplicar, fent aconsellable "eliminar" en lloc de reciclar.

a) Nitrificació-Desnitrificació (NDN)

Els tractaments d'eliminació de nitrogen mitjançant nitrificació-desnitrificació s'apliquen sempre només a la fracció líquida de les dejeccions, fet que implica separar prèviament les fases sòlida (FS) i líquida (FL) del residu. El principal objectiu que aconsegueix el tractament rau a transformar el nitrogen amoniacal en molecular (N_2), gas inòcua que serà transferit a l'atmosfera. A grans trets, segons el tipus de flux hidràulic, és possible parlar de sistemes continus o bé de sistemes discontinus. La diferència bàsica entre un sistema de flux continu i un discontinu és que el funcionament del primer està orientat en l'espai; en canvi, el segon ho està en el temps.

b) Nitrificació parcial (NP)-anammox

Anammox és l'acrònim d'*anaerobic ammonium oxidation*, procés microbiològic autòtrof descobert recentment, en què l'amoni i el nitrit són transformats en nitrogen molecular en absència d'oxigen. Atès que es tracta d'un procés autòtrof, el procés anammox permet desnitrificar sense necessitat de matèria orgànica.

c) Stripping (arrossegament)/absorció:

El procés d'*stripping* pretén forçar la volatilització de l'amoniac fent circular aire a contracorrent del purí, acompanyat d'un augment de pH i/o temperatura. L'amoniac i altres compostos volàtils que conté el corrent d'aire (*strippats*), s'absorbeixen mitjançant un corrent líquid acidificat, amb el qual s'obté un líquid amb una alta concentració d'amoniac. La principal limitació del procés aplicat a purins de porc és el desplaçament de l'equilibri amoni-amoniac. Això es pot aconseguir augmentant el pH fins a 12 i/o augmentant la temperatura.

d) Tractaments que actuen sobre el contingut de fòsfor:

Actualment, el nutrient que desperta més interès en referència als problemes de contaminació ambiental és el nitrogen. No obstant això, l'acumulació de fòsfor en sòls agrícoles i els possibles problemes de contaminació d'aigües superficials (eutrofització) han portat alguns països europeus a regular l'aplicació. Per eliminar (acumular en la fracció sòlida) el fòsfor, es poden seguir diverses estratègies. L'alt cost d'implantació i d'explotació d'aquest procés fan que només es justifiqui en circumstàncies molt determinades, en què la depuració completa de la fracció líquida sigui imprescindible.

Hi ha dos procediments possibles:

- L'eliminació biològica de fòsfor, causada per l'activitat d'un ampli grup de microorganismes acumuladors de fòsfor (OAF), que l'acumulen en forma de polifosfats quan es troben en condicions aeròbies (mentre consumeixen molècules orgàniques prèviament acumulades) i alliberen en condicions anaeròbies.
- La precipitació química (formació d'estruvita), que consisteix en la coprecipitació del nitrogen amoniacal i fòsfor ortofosfòric contingut en les dejeccions mitjançant l'addició d'òxid de magnesi, d'on resulta una sal denominada estruvita (fosfat amònic magnèsic hexahidratat).

2.1.1.5 . Tractaments que actuen sobre el contingut d'aigua

La Reducció de la massa i el volum de les dejeccions mitjançant l'eliminació de l'aigua és una opció per abaratir el transport dels purins a llargues distàncies i així redistribuir l'excedent de nutrients existent en determinades zones geogràfiques.

a) Evaporació / assecatge:

El procés pel qual se separa l'aigua dels purins mitjançant calor és l'evaporació. Normalment, es realitza en dues etapes:

- Evaporació: el líquid a tractar té una baixa concentració en sòlids i s'obté un concentrat amb un contingut de sòlids totals al voltant del 25-30%.
- Assecatge: la matèria primera és un sòlid humit (concentrat del procés d'evaporació o deshidratat per mitjans mecànics) i s'obté un producte pràcticament lliure d'aigua.

Per tal que els vapors no causin problemes de contaminació a l'atmosfera, l'evaporació es realitza normalment en depressió, a temperatures moderades (60-70°C), i amb un condensat posterior dels vapors (recuperació d'aigua evaporada).

b) Bioassecatge:

Aquest procés és "un compostatge" dirigit no necessàriament a la producció de compost, sinó a aprofitar la calor que desprèn el procés per evaporar parcialment l'aigua d'un residu líquid que s'incorpora a la massa en compostatge.

El limitant més important és l'emissió de gasos (nitrogen amoniacal) i compostos orgànics volàtils a l'atmosfera. Això es pot controlar amb l'aplicació prèvia d'un procés d'eliminació o recuperació de nutrients (NDN, *Stripping* / Absorció, etc.) i de degradació de la matèria orgànica (digestió aeròbia o anaeròbia). No obstant això, el fet que el procés tingui un major rendiment quan es realitza a l'aire lliure (gràcies a l'acció del vent, la radiació solar, etc.) implica un alt risc ambiental si no es vigila, que es pot minimitzar implementant instal·lacions tancades amb circulació forçada d'aire.

Els diferents processos de tractament presentats es poden combinar per a crear una estratègia que solucioni diferents problemàtiques concretes. La decisió sobre quin tractament és l'idoni no és simple, ja que, entre altres factors, poden existir solucions tecnològiques diferents que cobreixin els mateixos objectius. Les opcions de tractament es poden agrupar d'acord amb l'objectiu final que es vol aconseguir. Aquest depèn bàsicament de la problemàtica que es vol resoldre, de les característiques de l'explotació i del grau d'excedència de nutrients, i de la seguretat o confiança que pot donar el subministrador de la tecnologia.

3. Bibliografia

-
- OBSERVATORI DEL PORCÍ (2013). *Informe anual. Informe del sector porcí. Exercici 2012*. Grup Gestió Porcina (Departament de Producció Animal, Universitat de Lleida) / DAAM. ISBN: 978-84-694-7337-5
- TEIRA, R. (2008). “Informe per a la millora de la gestió dels purins porcins a Catalunya.” *Informes del CADS:5*. ISBN 978-84-393-7712-2.