

JOAN RIERADEVALL PONS

# PROCESOS DE TRACTAMENT ANAERÒBIC

## sector ramader i agroalimentari

### Sector ramader

La ramaderia ocupa un lloc important dins del conjunt global de l'economia agrícola. A Catalunya, a aquest sector, hi correspon més del 61 % de la producció final agrària; el cens de 1982, exclosa la ramaderia menor, és el següent:

Quadre I

	bovi	ovi	cabrum	porci	equi
Barcelona	141.877	140.320	9.702	884.611	5.588
Catalunya	337.409	739.030	37.936	3.194.373	16.711
Espanya	4.874.315	16.456.458	2.450.351	12.022.694	586.891

Dins d'aquest sector hem de destacar que la ramaderia porcina ha experimentat un gran creixement (s'ha multiplicat per 22 en 25 anys). Això ha ocasionat en determinats llocs un desequilibri entre l'agricultura i la ramaderia, que ha produït una utilització deficient dels residus.

### Sector agroalimentari

Les indústries agroalimentàries es troben majoritàriament instal·lades en zones rurals, el funcionament d'un gran nombre és estacional. Les indústries

de conserves vegetals es troben a la Comunitat Murciana, el País Valencià i Extremadura; les d'olis, a Andalusia; les vinícoles, a Castella-la Manxa i Catalunya, entre altres.

El volum del total dels productes agraris utilitzats als processos de fabricació de determinades indústries agroalimentàries a Catalunya és el següent:

Quadre II

tipus indústria	circumscripció/provincia	% de matèria primera del total nacional
olis vinícoles	Tarragona	2,8
	Tarragona	5,1
	Barcelona	3,8

## biomassa residual

### Introducció

La biomassa residual consisteix en els subproductes derivats de l'agricultura, la ramaderia, les explotacions forestals, les aglomeracions urbanes i de la indústria agroalimentària.

Les característiques generals de la biomassa residual produïda a Espanya es reflecteixen al Quadre III i en destaquem els punts següents respecte als residus agrícoles i agroalimentaris:

Quadre III

### CARACTERÍSTIQUES GENERALS DELS RESIDUS ESPANYOLS, PROCÉS DE TRANSFORMACIÓ ENERGÈTICA, POTENCIAL I EXPERIÈNCIES

Tipus de residus	Procedència	Producció espanyola (3 +)	Estat físic	Procés de transformació energètica	Potencial energètic (4 +)	Altres aplicacions	Experiència
Agrícoles	cultius cereals, fruiters industrials	38,65	S	T	13,50	D A	P
Forestals	neteja boscs, elaboració fusta	5,10	S	T	5,50	IN	Lo
Ramaders	granges	28,09(*)	L	B	0,85	IN	P
Agroindustrials	indústria conservera, producció oli i vi	4,67	L	B	1,10	D	P
Urbà sòlid	fracció orgànica escombraries	4,33	S	T B	0,06	D	Lo
Urbans líquids	excrements líquids	3,81(*)	L	B	0,45	D	Lo

S=sòlid, L=líquid, T=termoquímic, B=bioquímic, D=descontaminació, A=agrari, P=puntuals, Lo=locals, IN=disminució riques d'incendi, 1+=fracció de recol·lecció fàcil, 2+=franges de població de més de 10.000 h., 3+=10<sup>6</sup> t/any 1980, 4+=10<sup>6</sup> t/any 1980.

A) els valors són aproximats, perquè estan afectats per una gran diversitat de factors, dels quals es poden destacar la gran diversitat de valors respecte al cens animal, l'estacionalitat de la indústria agroalimentària, etc.;

B) el potencial energètic teòric és inferior al de procedència agrícola i forestal, però per una altra banda els costos de recollida, transport i emmagatzematge són baixos, donada la concentració, la qual cosa en facilita el tractament;

C) donades les seves característiques líquides, el sistema de tractament més idoni amb aprofitament d'energia és el bioquímic;

D) les actuacions per a la recuperació energètica d'aquests residus al nostre país han estat puntuals, si les comparem amb les experiències desenvolupades a gran escala per al tractament dels residus ramaders i agroalimentaris a la Xina i a la resta d'Europa respectivament, i

E) també hi ha experiències d'aplicació d'alguns d'aquests residus a l'alimentació animal.

#### Biomassa residual ramadera

La producció total anual de fems de les diferents espècies es troba reflectida al Quadre IV.

Les espècies més problemàtiques són les explotades a les instal·lacions més modernes i menys integrades a l'agricultura en general. Aquestes espècies són gallines, conills i, en especial, el porc.

El bestiar oví i boví és menys conflictiu, ja que, generalment, o bé es cria amb pastura o bé és establert en explotacions agrícoles que rendibilitzen els residus com a adob; no obstant això, van agafant importància les instal·lacions intensives no integrades i, en un futur, la situació pot ser molt semblant a la del bestiar porcí.

La gallinassa és un producte que tradicionalment

ha tingut un mercat i actualment es comercialitza per adob i en menor proporció s'utilitza en la composició de pinsos per a poligàstrics.

Els residus de conills, tot i no estar tan comercialitzats com els de la gallina, presenten una certa facilitat de maneig per raó de l'estat sòlid; l'ús fonamental que se'ls dona és l'adob orgànic.

El cas més greu és el del residu de porcí, tant a causa del volum com del tipus de residu.

#### Biomassa residual agroalimentària

La producció aproximada de residus agroalimentaris a Espanya es troba reflectida a la Quadre III.

La procedència de les aigües residuals es pot desglossar en els apartats següents: domèstics, neteja, serveis i procés.

Les indústries extractores d'oli, fabricació de llevat i alcohol són les que tenen valors de DBO g/l més grans i superiors a 10 g, vegeu Quadre V.

#### contaminació ambiental

La contaminació ocasionada per la ramaderia i la indústria agroalimentària, podem desglossar-la en funció del medi afectat ja sigui aigua, sòl o aire.

#### Contaminació de l'aigua

La contaminació d'aquest medi pot ser de manera directa o indirecta. Directa és l'ocasionada per la indústria agroalimentària amb l'abocament directe dels residus als canals, a diferència dels residus ramaders, principalment les purines de porc, que la contaminen perquè s'infiltra al sòl a causa de la seva aplicació excessiva o per un sistema d'emmagatzematge incorrecte.

L'impacte físic més generalitzat és l'abocament dels residus agroalimentaris a alta temperatura, que ocasiona una disminució de l'oxigen dissolt; un altre

Quadre IV

PRODUCCIÓ DE RESIDUS ANIMALS (1.000 t)							
Província	Boví	Oví	Porcí	Aus	Conills	Equi	Cabrum
Barcelona	1.111	74	1.257	158	34	40	5
Girona	974	83	651	67	18	62	4
Lleida	781	202	987	241	108	21	6
Tarragona	76	63	563	544	9	31	7
Catalunya	2.862	424	3.463	1.009	163	117	22
Espanya	33.311	8.152	13.572	13.572	383	2.807	1.162

Quadre V

CÀRREGA CONTAMINANT ANUAL (Tones DBO <sub>5</sub> /any) PROCEDENT DELS RESIDUS DE LES INDÚSTRIES AGROALIMENTÀRIES				
Tipus d'indústria	Producció mitjana anual aprox. de residus (10 <sup>3</sup> tones/any)	Interval de nivell contaminació (a)	Nivell mitjà aprox. contaminació (a)	Estimació càrrega contaminant mitjana anual (b)
Conserves vegetals	660	0,2 a 2,5	1,35	891
Fàbriques de llevat	150	40 a 50	45,00	6.750
Indústries làcties	1.850	1,4 a 8	4,70	8.695
Sucreres	5.200	1,3 a 5	3,15	16.380
Escorxadors i indústries càrniques	8.200	1,1 a 5	3,05	25.010
Indústria cervesera	2.150	0,6 a 12	6,30	13.545
Alcohol i derivats del vi	1.500	10 a 30	20,00	30.000
Almàssera i extractores d'oli	820	40 a 60	50,00	41.000

a = gr DBO<sub>5</sub>/l aigua residual  
b = tones DBO<sub>5</sub>/any

3,9 %	Conserves vegetals
1,2 %	Fàbrica de llevats
8,3 %	Indústria làctia
22,4 %	Sucres
7,3 %	Fabricador indústria química
2,0 %	Indústria ceràmica
2,4 %	Alcohol, viasses
16,6 %	Altres indústries

De tots aquests valors s'ha de destacar l'alt contingut al sector sucres, molt similar al d'altres països europeus. El sector de la indústria química és un dels



INICI DEL «BOOM» TURÍSTIC A CULLERA, VALÈNCIA

El tractament biològic consta de dos grans grups: l' tractament aeròbic i la biomassa que actua establint una comunitat de microorganismes aeròbics i facultatius, que necessiten oxigen, introduït al medi mitjançant agitadors, butafors, etc., per poder créixer i actuar sobre l'aigua residual.

Tractament anaeròbic: la biomassa està constituïda per microorganismes anaeròbics i facultatius que necessiten un medi sense oxigen per obtenir la degradació de la matèria orgànica mitjançant l'obració d'un producte digerit i de gasos ( $CO_2$  i traces de  $H_2S$ ,  $CO$  ...).

Si comparem els sistemes de tractament biològic aeròbic i anaeròbic de les aigües residuals des de les perspectives del que s'ha tractat, instal·lacions necessàries, energia consumida en el procés i quantitat

de tractament, podem veure que el tractament aeròbic és la més adequada en aquest tipus de residus. Des d'un punt de vista d'impacte ambiental, podem destacar la fermentació dels residus, que ocasiona una disminució d'oxigen en el medi.

La contaminació biològica en aquest medi, procedeix del contingut de patògens en aigües residuals.

Característiques del sol

El sol és un dels que té més incidència energètica sobre la superfície terrestre, ja que la radiació que consumeix suposa per a les plantes un 70% de l'energia total consumida.

El consum energètic de la indústria agroalimentària és el més elevat de tots els sectors. El consum energètic el 1980 era de 2,52 milions de TEP i representa el 40% del total de consums energètics. El consum energètic de la indústria agroalimentària és molt semblant a l'indústria agroalimentària francesa.

Aquest consum d'energia té una distribució molt irregular entre els diferents sectors de la indústria agroalimentària, de manera que desfogada en percentatges d'energia total consumida per cada sector queda de la manera següent:

efecte és la impermeabilització dels llits a causa dels sòlids en suspensió presents en aquests residus.

Des d'un punt de vista d'impacte químic, podem destacar la fermentació dels residus, que ocasiona una disminució d'oxigen en el medi.

La contaminació biològica en aquest medi, procedeix del contingut de patògens en aquestes aigües residuals.

#### *Contaminació del sòl*

Procedeix principalment de l'abocament de residus ramaders al camp, que ocasiona un desequilibri a la flora microbiana del medi a causa de l'acumulació de metalls procedents del tipus de dieta dels porcs principalment i una modificació del pH del medi; tot això pot ocasionar una inhibició del desenvolupament normal del cultiu.

#### *Contaminació de l'aire*

Pudors procedents tant de determinats processos de fabricació, com de l'emmagatzematge inadequat dels residus: NH<sub>3</sub>, àcids grassos volàtils, indoles...

### **aspectes energètics**

#### *Explotacions ramaderes*

No hi ha dades energètiques precises sobre el consum total de les explotacions ramaderes tant a nivell nacional com comarcal o municipal, ja que les necessitats energètiques d'aquestes explotacions no són estàndards i estan donades per múltiples factors com el tipus d'espècie, l'edat, el disseny de la granja, el grau d'automatització i el clima local, entre les més importants.

En podem definir dos grups: un de baixes necessitats energètiques, format pel bestiar boví de carn, l'oví i els conills, i un altre d'alt consum energètic, format per l'avícola, el boví de llet i el bestiar porcí.

El porcí és un dels que té més incidència energètica, ja que la calefacció que consumeix suposa per a les granges de selecció o cicle tancat prop del 70 % de l'energia total consumida.

#### *Indústries agroalimentàries*

El consum energètic de la indústria agroalimentària espanyola l'any 1980 era de 2,32 milions de TEP i ocupava el vuitè lloc a l'apartat de consums energètics utilitzats en aquest sector pels països occidentals. El consum espanyol és molt semblant a l'italià i la meitat del francès.

Aquest consum d'energia té una distribució molt irregular entre els diferents sectors de la indústria agroalimentària, de manera que desglossada en percentatges d'energia total consumida per cada sector queda de la manera següent:

Conserves vegetals .....	3,9 %
Fàbrica de llevats .....	1,2 %
Indústria làctia .....	8,2 %
Sucreres .....	22,4 %
Escorxador indústria càrnica .....	7,3 %
Indústria cervesera .....	5,0 %
Alcohol, vinassa .....	5,4 %
Altres indústries .....	46,6 %

De tots aquests valors s'ha de destacar l'alt consum al sector sucrer, molt similar al d'altres països occidentals, a diferència del sector lacti que té un desenvolupament reduït.

### **tractament de les aigües residuals**

Per poder determinar quin és el tipus de tractament més idoni per a les aigües residuals d'una indústria o una explotació ramadera és necessari conèixer-ne el llit receptor i les aplicacions agronòmiques i també les exigències legals actualment existents respecte als nivells de contaminació permissibles. L'estudi se centra principalment a avaluar el cabal, la concentració, toxicitat, estacionalitat, ubicació i disponibilitat de l'espai respecte al tractament.

Les diverses etapes de què pot constar un tractament, en funció de les característiques i el grau de depuració a assolir en el residu poden ser: pre-tractament, tractament primari, secundari i terciari.

El pre-tractament i el tractament primari gairebé són exclusius a les plantes depuradores que tracten residus agroalimentaris.

El tractament terciari és molt poc utilitzat i només s'aplica als casos en què l'efluent final té un tractament especial.

En aquest article ens centrarem en el tractament secundari i biològic, ja que és la fase de tractament més utilitzada en aquests dos grups de residus.

El tractament consisteix en l'acció sobre la matèria orgànica de diferents tipus de microorganismes seleccionats, que permeten reduir-ne la càrrega contaminant.

El tractament biològic consta de dos grans grups:

**Tractament aeròbic:** la biomassa que actua està constituïda per microorganismes aerobis o facultatius, que necessiten oxigen, introduït al medi mitjançant agitadors, bufadors, etc., per poder créixer i actuar sobre l'aigua residual.

**Tractament anaeròbic:** la biomassa està constituïda per microorganismes anaerobis estrictes o facultatius, que necessiten un medi sense oxigen per obtenir la degradació de la matèria orgànica fins a l'obtenció d'un producte digerit i de biogàs (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> i traces de H<sub>2</sub>S, CO ...)

Si comparem els sistemes de tractament biològics aerobis i anaerobis de les aigües residuals des de les perspectives del tipus d'aigua a tractar, instal·lacions necessàries, energia consumida en el procés i grau de



CADAQUÉS, ALT EMPORDÀ, 1969

depuració, i també dels subproductes obtinguts (vegeu Taula 12), s'observa que els processos anaerobis tenen una sèrie d'avantatges, les més importants són les següents:

- Poden tractar fangs concentrats i en altes càrregues.
- El format dels reactors és més petit.
- Tenen necessitats energètiques inferiors, que es poden reduir fins a la dècima part de les utilitzades en un procés aeròbic.
- Eliminen totalment les olors i parcialment els patògens.
- Tenen una producció de biomassa més petita i, per tant, una formació més petita de fangs finals amb un alt grau d'estabilització i facilitat de dessecació.
- Per últim, permeten l'obtenció d'un subproducte, el biogàs que pot ser utilitzat en el subministrament energètic de la planta de depuració i per cobrir parcialment les necessitats de la indústria agroalimentària o l'explotació ramadera.

#### instal·lacions de digestió anaeròbia

A Espanya hi ha 52 plantes de digestió anaeròbia que tracten efluent ramaders i agroindustrials. Les primeres instal·lacions són de principi dels anys 80 i el seu increment ha estat exponencial.

Catalunya té instal·lades més del 30 % de les instal·lacions amb predomini de les que tracten residus ramaders. L'altra comunitat en importància, pel nombre d'instal·lacions i pel format dels reactors, és Castella-Lleó, amb un 20 % del total; aquestes tracten, en la majoria de casos, efluent agroalimentaris amb reactors sofisticats de biomassa fixada.

Si es divideixen les instal·lacions en funció dels efluent a tractar, 22 corresponen a agroindustrials i 30 a ramaders. Si al mateix temps analitzem la tecnologia aplicada per al tractament de cada residu, és de destacar que els reactors no sofisticats de mescla completa i pistó flux són els majoritàriament instal·lats a les explotacions ramaderes, a diferència dels reactors sofisticats aplicats a les indústries agroalimentàries.

#### *Digestors a les explotacions ramaderes*

La majoria d'aquestes instal·lacions tenen un sistema de tractament continu de residus (87 %) i el tipus de reactor més instal·lat és el de mescla completa—consisteix en una càrrega diària al digestor, posteriorment el substrat dins del digestor és homogeneïtzat amb diferents tipus de sistemes d'agitació tant mecànics com pneumàtics; el temps de permanència dels residus dins del digestor és d'aproximadament 15 dies i a temperatures de treball al voltant dels 35 °C, amb un 52 % del total.

La distribució en funció del volum d'instal·lació és

de 10 plantes pilot amb volums inferiors a 90 m<sup>3</sup>, 14 instal·lacions mitjanes amb volums compresos entre 90 i 400 m<sup>3</sup> i 7 de gran format (> 400 m<sup>3</sup>).

El residu majoritàriament tractat és el de purina de porc (64,5 %), seguit del tractament de residus sòlids o diluïts de vaquí (29 %).

Els reactius sofisticats de biomassa fixada (filtre, pel·lícula) es troben en fase experimental.

L'interval de producció de biogàs es troba comprès entre 0,5 i 3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> digestor-dia, en funció del tipus de digestor i amb uns valors molt semblants als registrats en altres països europeus. L'aplicació majoritària d'aquest gas és mitjançant conversió tèrmica (≈ 60 %). El nombre d'instal·lacions que disposen de sistema de cogeneració elèctrica és reduït i inferior al 20 %. Els valors mitjans de reducció de la càrrega contaminant (DQO) oscil·len entre el 30 i el 80 %. Majoritàriament l'efluent depurat i sense olor és aplicat amb excepció d'algunes experiències com cultius aquàtics.

#### *Digestió anaeròbia a la indústria agroalimentària*

Aquestes instal·lacions, a diferència de les que tracten residus ramaders, són en la majoria dels casos de gran format. En destaquen quatre plantes que tracten efluent de sucre, dues amb tecnologia sofisticada del tipus llit de llots—basat en l'increment de la població bacteriana dins del digestor mitjançant la floculació i coagulació de determinats tipus de fang sense aplicar-hi cap suport fix o mòbil, ja que l'aigua residual circula ascendentment i el digestor es troba equipat amb sistemes de separació de fase líquida, floculs i gas— i tenen un volum de 1.600 m<sup>3</sup>, les altres dues són de tipus contacte amb uns volums de 3.500 i 800 m<sup>3</sup>.

Altres efluent tractats són els de les destil·leries; la instal·lació major és la que consta de dos reactors filtre amb un volum total de 4.000 m<sup>3</sup>.

En aquests moments hi ha altres reactors tipus llit de llots en fase de construcció per al tractament d'efluent de fècula.

#### **tendències futures en l'aprofitament i depuració dels residus ramaders i agroalimentaris**

Davant dels problemes de contaminació enregistrats a determinats municipis, procedents de la indústria agroalimentària i deguts a les grans concentracions d'explotacions ramaderes i al constant augment de les seves necessitats energètiques, la digestió anaeròbia es presenta com una solució alternativa, ja que és una tecnologia que al mateix temps que és capaç de reduir la càrrega contaminant, produeix energia (biogàs) que permet fer estalvi energètic en el tractament i a la indústria mateixa.

Però, el camp de la digestió encara es troba en una fase intermèdia, en la qual hi ha llacunes en els aspec-



CALAFELL, BAIX PENEDES

tes microbiològics i bioquímics, i problemes de transferència i adaptació tecnològica, principalment a les explotacions ramaderes. Les tendències en el camp de la investigació i de la tecnologia que en facilitaran l'aplicació generalitzada són les següents:

- a) Els bons resultats preliminars obtinguts de la digestió anaeròbia a baixa temperatura (10° a 25°C), experimentats conjuntament per la Divisió d'Enginyeria Química de la UAB i el Servei d'Agricultura i Ramaderia de la Diputació de Barcelona, amb subvencions de la IER i la CEE, mitjançant l'aplicació de flores bacterianes metanògenes procedents de llacs, mar i fangs, a temperatures ambientals baixes, permetrien optimitzar el balanç energètic del tractament.
- b) La utilització en la construcció de digestors de materials de cost reduït, d'equips normalitzats i economies de depuració del H<sub>2</sub>S del biogàs, de suports bacterians sofisticats ..., permetrà la disminució de costos.
- c) Estudi de les tendències de tractament de residus ramaders en macrodigestors sofisticats per a un conjunt de granges d'un municipi o del tractament unitari i descentralitzat amb digestors de cost reduït, actualment en estudi pel Servei d'Agricultura i Ramaderia de la Diputació de Barcelona.
- d) Els reactors de biomassa fixada, sofisticats, s'apliquen en el tractament de residus agroalimentaris, ja que aquest tipus de reactors permet l'aplicació de càrregues altes, amb un volum de digestor petit i una producció de biogàs alta, superior a 2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> digestor-dia.
- e) El posttractament dels efluentes depurats es fa mitjançant l'aqüicultura. La digestió anaeròbia, a més a més del que hem esmentat anteriorment, disposa d'una sèrie d'avantatges —de depuració, econòmics, energètics, etc.—, en comparació amb els sistemes de tractament convencionals aerobis, que mitjançant l'aplicació generalitzada es podrà fer estalvi energètic i obtenir nivells alts de descontaminació als sectors agroalimentaris i ramaders. Tot això permetrà millorar la qualitat de vida al medi rural.

JOAN RIERADEVALL PONS  
Servei d'Agricultura i Ramaderia  
de la Diputació de Barcelona

## BIBLIOGRAFIA

1. ORTIZ CAÑAVATE, J., "Recogida, tratamiento y reutilización de los residuos agrarios", II Congreso Nacional sobre Recuperación de los Recursos de los Residuos, *Tecnología*, Soria, 1984.
2. FIESTAS ROS DE URSILLOS, J., et al., "Utilización de las aguas residuales de la industria agroalimentaria para riego y fertilización", Seminario sobre Tratamiento y Reciclaje de Aguas Residuales de Bajos Costos Energéticos y Económicos, Madrid, 1981.
3. FERNÁNDEZ POLANCO, F., et al., "Depuración anaerobia de aguas residuales de azucarera", Congreso sobre Tecnología de Bajo Costo para la Depuración de Aguas Residuales, Madrid, 1981.
4. GASPA SAN MARTÍN, P., et al., "Comparación de dos sistemas de aireación en la depuración de aguas residuales de industrias conserveras vegetales (tomate)", *Tecnología del agua*, núm. 23, 46-58, 1985.
5. DÍAZ GONZÁLEZ, D., "Características generales de las aguas residuales", Seminario Depuración y Reutilización de las Aguas Residuales, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Sitges, 1984.
6. FIESTAS ROS DE URSILLOS, J., "Aplicación de los procesos anaerobios en la depuración de las aguas residuales industriales de alta carga orgánica", *Ingeniería Química*, juny, 85-89, 1981.
7. AYERBE MATTEO SAGASTA, L., "Aprovechamiento energético de la biomasa", Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Industria, Ministerio d'Industria i Energia, *Cuadernos CDTI*, núm. 13, Madrid, 1983.
8. SAN MARTÍN DEL VALLE, F., "Tratamiento biológico de los efluentes acuosos de origen industrial", *Química* 2000, núm. 2, 59-65, 1985.
9. NAHLE, C., "La fermentación metánica de aguas residuales y su aplicación a la industria azucarera", Seminario d'Energías Renovables, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Sitges, 1985.
10. FERNÁNDEZ POLANCO, F., et al., "Variables de optimización de la depuración anaerobia de aguas residuales", Congreso sobre Tecnologías de Bajo Costo para la Depuración de Aguas Residuales, Madrid, 1981.
11. SAGRISTÁ, J., i PULGAR, J., "Vertidos industriales", Jornadas sobre Industria Agroalimentaria, Barcelona, 1983.
12. FIESTAS ROS DE URSILLOS, J., "Desarrollo de biotecnología para la digestión anaerobia", taula rodona Biogás, Institut d'Enginyeria d'Espanya, Madrid, 1983.
13. DIRECCIÓN GENERAL DE INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y TECNOLOGÍA, *Inventario nacional de focos industriales contaminantes de las aguas*, Ministerio d'Industria i Energia, 1a edició, Madrid, 1981.
14. MUÑOZ VALERO, et al., "Biometanización de aguas residuales de matadero", Seminario d'Energías Renovables, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Sitges, 1985.
15. LEMA R., J.M.; VICENT HUGUET, J.M.; PARIS MOLINS, J.M., i CASAS ALVERO, C., "Valoración energética y depuración de aguas residuales de una industria agroalimentaria para digestión anaerobia", Seminario sobre Tratamiento y Reciclado de Aguas Residuales de Bajos Costos Económicos y Energéticos, Madrid, 1982.
16. PARIS, J.M., "Aspectes microbiològics i bioquímics en el disseny i control de digestors anaerobis", taula rodona sobre la Digestió Anaeròbia a Catalunya i el seu Aprofitament Energètic, Barcelona, 1983.
17. PARIS, J.M.; LEMA, J.M., i CASAS, C., "Criterios de selección de tecnología en la digestión anaerobia de aguas residuales", *Ingeniería Química*, 15 (175), 143, 1983.
18. LETTINGA, G.; VAN VELSEN, L.; de ZEEVW, A. i HOBMA, S.W., *The application of Anaerobic Digestion to Industrial Pollution Treatment*, Proc. 1st Int. Symp. on Anaer. Dig., Cardiff, 1979.
19. ANÓNIM, "Informe interno de l'IER sobre Biogàs", Madrid, 1986.
20. SERNA DÍAZ DE CEVALLOS, M., et al., "La energía de la biomasa", col. Era Solar, set., 1984.
21. RIERADEVALL, J.; VICENTE, M.; POSTILS, L.; i MARCO, M., "Valoración energética de la biomasa", I Curs d'Energías Alternativas a la FP Agrària, Servei d'Agricultura i Ramaderia de la Diputació de Barcelona, Barcelona, 1985.
22. *Anuario de Estadística Agraria*, Ministerio d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Servei de Publicacions Agràries, Madrid, 1982.
23. FONSECA, F., "Ganadería ovina de carne", *El Campo*, 95, 114, 1984.
24. CASTELLO, J.A., "Avicultura de puesta", *El Campo*, 95, 135, 1984.
25. CAMPS, J., "Cunicultura", *El Campo*, 95, 135, 1984.
26. TAMARIT, J., "Porcicultura", *El Campo*, 95, 121, 1984.
27. RIERADEVALL, J.; RABELLA, R.; VICENTE, M. i POSTILS, L., "Present state of anaerobic digestion for the treatment of animal wastes in the Catalonian Area (Spain)", en premsa per Dynatech a publicar a *Biotechnology Applied to Environmental Problems*, Cambridge, USA, 1985.
28. RIERADEVALL, J. i SFERRADELL, Q., "Balance energético de las explotaciones porcinas estándares que funcionan con fuentes de energía convencionales y/o renovables", a Proc. I Congreso Ibérico de Energía Solar, Madrid, España, 1982.
29. *Anuario de Estadística Agraria*, Ministerio d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Secretaria General Tècnica, Madrid, 1980.
30. POMAR, J., et al., "Utilización agrícola del estiércol líquido porcino (ELP)", Servei d'Extensió Agrària, *Folleto d'Información Técnica*, núm. 14, desembre, 1981.
31. VAN VELSEN, A.F.M., *Anaerobic digestion of piggery waste*. The Netherlands, Ed. Agricultural University, Wageningen, Holanda, 1981, pàg. 113.
32. LAGNANGE, B., *Biomethane 1 i 2*, Energies alternatives, Edisud, France, 1979.
33. HOBSON, P.N.; BOUSFIELD, S. i SUMMERS, R., *Methane production from agricultural and domestic wastes*, U.K. Applied Science Publishers Ltd., London, 1981, pàg. 235.
34. RIERADEVALL, J., "Anaerobic digestion of agrarian and food industry residues and catalogue of Spanish firms", "Digestió anaeròbia de residus agraris i agroalimentaris i catàleg d'empreses", núm. 3 d'*Estudis i Monografies*, editat pel Servei d'Agricultura i Ramaderia de la Diputació de Barcelona, 1983.
35. RIERADEVALL, J., "La digestió anaeròbia. Instal·lacions a Catalunya i a l'Estat espanyol", editat per la D.G. de Política Energètica de la Generalitat de Catalunya al núm. 12 de *Conservació i Gestió de l'Energia*, Barcelona, Espanya, 1984.
36. RIERADEVALL, J. i PARIS, J.M., "Biological, aerobic and anaerobic treatment of effluent in agricultural-based food industry processes in Spain", II Congreso Mundial de Tecnología de los Alimentos, Barcelona, 1987.
37. RIERADEVALL, J.; POSTILS, L. i VICENTE, M., "Producción de biogás a partir de residuos ganaderos. Estado actual y perspectivas futuras", Seminario d'Energías Renovables, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Sitges, 1985.