

ESTUDI SOBRE LA GESTIÓ DELS RESIDUS DE BESTIAR BOVÍ, DE L'ASSOCIACIÓ DE RAMADERS DE JUNCOSA DE LES GARRIGUES¹

Teira, R., Casañé, A., Magrí, A., Martín, P., Montané, L., Tarradas, J.,
Campos, E., Bonmatí, A., Flotats, X.

Laboratori d'Enginyeria Ambiental
Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida
Rovira Roure 177, 25198 Lleida

L'objectiu dels treballs realitzats, a iniciativa de l'Associació de Ramaders de Juncosa, què es sintetitzen en el present informe i es presenten de forma més extensa en la memòria, és la caracterització de la producció de residus ramaders procedents de la cabana bovina de Juncosa de les Garrigues, l'establiment del balanç de nutrients entre els requeriments dels cultius i els produïts pel bestiar i l'avaluació de tecnologies de tractament per a la millora de les característiques dels fems, per a la seva valorització econòmica o per afavorir la seva exportació o venda.

L'informe es presenta amb els següents apartats: Caracterització de la zona i de les gran ges de l'Associació de Ramaders de Juncosa de les Garrigues; Caracterització dels fems produïts; Establiment del balanç de nutrients i dels excedents o dèficits; Avaluació de la tecnologia de compostatge; Avaluació de la tecnologia de digestió anaeròbia i producció d'energia; i finalment, conclusions generals que se'n desprenen.

El present estudi ha estat realitzat en el marc d'un programa de formació de personal investigador, a través d'un conveni entre el Patronat de Promoció Econòmica de la Diputació de Lleida i la Universitat de Lleida, en el qual s'hi han integrat, estudiat i treballat intensament, els estudiants de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, Antoni Casañé, Albert Magrí, Patrícia Martín, Lorda Montané i Jordi Tarradas, coordinats per M. Rosa Teira, Dr. enginyer agrònom, amb la col·laboració d'Elena Campos i August Bonmatí, enginyers agrònoms. La infraestructura utilitzada ha estat la del Laboratori d'Enginyeria Ambiental, del Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, de la Universitat de Lleida. La direcció ha estat a càrrec de Xavier Flotats, professor titular de la Universitat de Lleida.

1.- Caracterització de la zona i de les granges de l'Associació de Ramaders de Juncosa

La pluviometria mitjana anual de la zona de Juncosa de les Garrigues és de 526 mm. La probabilitat de que sigui de 398 mm a l'any és del 80%, mentre que la probabilitat de que sigui de 692 mm és del 20%. Els sòls tenen un 15% de calixa activa. En general tenen una

¹ *Aquest sumari executiu de l'estudi que es descriu, està publicat en anglès a:* Teira, M.R., Flotats, X., Casañé, A., Magrí, A., Martín, P., Montané, L., Tarradas, J., Campos, E., and Bonmatí, A. (1999). A case study on livestock waste management: Juncosa de les Garrigues (Catalonia, Spain). In *Avances en Ingeniería Ambiental. Libro de textos completos de las Jornadas Internacionales de Ingeniería Ambiental*. ISBN 84-95781-01-8. Vol. 1, pp 239-248.



conductivitat elèctrica (CE) baixa, entre 0,1 i 0,2 dS m⁻¹, i el contingut de sodi al sòl també és baix.

La superfície agrària útil és de 3.227 ha. L'olivera i l'ametller ocupen el 96,6% de la superfície total cultivable del municipi.

L'Associació de Ramaders de Juncosa engreixa uns 9357 vedells a l'any. La major part dels vedells engreixats son de raça frisona. La majoria de les granges tenen una capacitat compresa entre 100 i 300 caps. La pràctica totalitat de les granges es localitzen al voltant del poble, de manera que el centre geogràfic de les granges és la plaça major de Juncosa. La quasi totalitat dels abeuradors son de formigó amb boia. L'engreixada dura 9,7 mesos com a mitjana. Com a mitjana, es consumeixen 1,5 kg de palla per vedell i dia (aprox. 41.491 tones de palla per engreixada a tota l'Associació), entre 15 i 16 L d'aigua per vedell i dia (aprox. 42.107 m³ d'aigua per engreixada a tota l'Associació), i de 5 a 5,5 kg de pinso per vedell i dia (aprox. 14.878 tones de pinso per engreixada a tota l'Associació). Els vedells produeixen uns 5,8 kg de fem/vedell-dia (aprox. 16.843 tones de fem per engreixada a tota l'Associació, o 20.319 tones de fems/any). Actualment, s'exporten fóra del municipi unes 4000 tones de fem/any. Les quadres es netegen, com a mitjana, cada 10 o 15 dies. Els fems romanen al femer entre 2 mesos i 1 any.

La majoria de les explotacions tenen terrenys arrendats fóra de la pròpia explotació, a efectes de legalització de la granja, tot i que en alguns casos no hi apliquen els fems. Els fems que no s'exporten fora del municipi s'apliquen al sòl agrícola propi més proper a les granges. Així, s'apliquen fems tan a prop com els hi és possible, i en comptades ocasions s'arriba als punts més allunyats del terme. No s'aplica fems de forma uniforme en l'espai, ni en el temps, a tota la superfície agrària del terme, sinó que s'estableixen rotacions d'uns 4 anys, la qual cosa pot tenir repercussions negatives per als sòls més intensament utilitzats, amb augments de la seva salinitat, i per a les aigües subterrànies, en ser superiors les aportacions de nutrients que les extraccions dels conreus d'aquests sòls.

2.- Caracterització dels fems

Les característiques químiques mitjanes dels fems produïts es detallen a la Taula 1.

Els fems de Juncosa tenen una conductivitat elèctrica per sobre de l'òptim per a un adob orgànic a aplicar al sòl. Si els fems no s'apliquen de forma racional (com a adob de fons i d'acord amb les necessitats dels cultius), es poden generar problemes de salinitat en els sòls a llarg termini.

Els fems tenen una fracció del nitrogen en forma nítrica per sobre del que indica la bibliografia. Això implica que les pèrdues de nitrogen per volatilització d'amoniac durant les aplicacions, o durant un procés de compostatge, seran menors que amb altres fems i, el que és més important, en resultarà un més alt valor fertilitzant. L'ús de detergents i fumigants fosforats fa que existeixi una gran variabilitat en el contingut de fòsfor. El 52% del potassi (K), present en els fems, és bescanviable (potencialment útil per al cultiu). Aquest valor està per sobre del que habitualment es pot trobar a la bibliografia, i és indicatiu de la bona qualitat fertilitzant dels fems.



Es disposa de poca informació pel que fa als lixiviats dels femers perquè els pous de lixiviats existents, en el moment de realitzar el mostreig, eren de construcció molt recent, i estaven pràcticament buits. De tota manera, i donada l'elevada capacitat de retenció d'aigua dels fems i la baixa pluviometria de la zona, no sembla que els lixiviats hagin de constituir un problema de gestió, tot i que s'ha comprovat que tenen una elevada conductivitat (mitjana de 6,1 dS m⁻¹), la qual cosa es restrictiva cara a la seva utilització indiscriminada com a aigua de reg, i cal aplicar-los en baixes dosis.

Taula 1. Característiques mitjanes (de 12 mostres) dels fems de l'Associació de Ramaders de Juncosa expressades sobre matèria seca (s.m.s.) i sobre matèria fresca (s.m.f.). Per a cada determinació s'indica la mitjana i el coeficient de variació (C.V.) en %

Paràmetre (unitats)	s.m.s (% CV)	s.m.f (% CV)
Matèria seca (% en pes)	100	27,0 (15,7)
Matèria orgànica (% en pes)	82,7 (3,5)	22,3 (14,7)
greix (% en pes)	1,2	0,3
pH		8,4 (2,7)
CE ₂₅ (dS m ⁻¹)	18,0 (7,0)	
CIC (cmol (+) kg ⁻¹)	108,1 (26,8)	28,5 (38,9)
DQO (g O ₂ g ⁻¹)	1,3 (3,5)	0,3 (14,7)
N total (mg g ⁻¹)	30,2 (10,1)	8,2 (17,4)
N org. (mg g ⁻¹)	23,5 (11,3)	6,4 (22,9)
N-NH ₄ ⁺ (mg g ⁻¹)	4,7 (46,9)	1,3 (28,1)
N-NO ₃ ⁻ (mg g ⁻¹)	2,0 (51,6)	0,6 (55,6)
C/N-total		15,1 (8,7)
C/N-orgànic		19,5 (12,2)
P total (mg kg ⁻¹)	802,0 (176,3)	337,0 (111,8)
K (mg g ⁻¹)	25,8 (13,1)	7,0 (21,5)
K canvi (mg g ⁻¹)	13,4 (5,3)	3,6 (16,7)
Mg (mg g ⁻¹)	4,4 (27,2)	1,1 (19,3)
Mg canvi (mg g ⁻¹)	3,0 (19,7)	0,8 (26,0)
Ca (mg g ⁻¹)	25,4 (75,2)	4,8 (80,7)
Na (mg g ⁻¹)	6,9 (9,6)	1,8 (18,8)
Zn (mg kg ⁻¹)	6,2 (127,9)	1,4 (146,4)
Cu (mg kg ⁻¹)	<1,0	<1,0

3.- Balanç de nutrients i diagnosi general

A partir dels requeriments estimats de nutrients, dels conreus que ocupen la superfície agrària del terme de Juncosa, les aportacions del bestiar de l'Associació de Ramaders de Juncosa (ARJ), en cas d'emprar-se totes en el terme, i les aportacions estimades a partir d'altres granges del terme, segons el mateix supòsit, s'estableix el balanç de nutrients que es mostra a la Taula 2.

Cal fer notar que els valors corresponents a altres granges de bestiar (aviram, porcí i boví), han estat estimades, tant quant a nombre de caps com a composició, per manca de coneixement de la seva gestió, i que això podria fer modificar el resultat del balanç. Cal notar, també, que no es pot confondre producció de nutrients amb aportacions, ja que aquestes



depenen de si les produccions s'apliquen en el terme municipal o no. En aquest sentit, hi ha una exportació de 4000 tones a l'any de fem de boví fora del municipi i, per tant, la càrrega ramadera corresponent al bestiar de l'Associació és molt menor a l'explicitada a la Taula 2.

L'únic element per al qual hi ha un cert excedent és el fòsfor, bàsicament degut a les produccions d'aviram ja que l'efecte del bestiar boví és mínim. Degut a les característiques dels sòls de la zona, es considera que el lleuger excedent de fòsfor pot ser tolerable, per bé que es recomana un cert grau de tractament i exportació per a fems d'aviram d'engreix.

Taula 2.- Balanç de nutrients al terme municipal de Juncosa de les Garrigues (1998).

Nutrient	Extraccions cultius (Tones/any)	Producció ARJ (Tones/any)	Altres produccions de bestiar (Tones/any)	Extraccions- produccions (Tones/any)
Nitrogen	288,2	166,6	89,1	32,5
Fòsfor	48,1	4,2	50,6	-6,7
Potassi	322,7	139,0	165,8	17,9

En la situació actual, es considera que la càrrega ramadera no ha d'afectar a la qualitat del sòl ni de les aigües, sempre i quan les aplicacions als conreus es facin seguint el codi de bones pràctiques agràries, adequant i uniformitzant les aplicacions en el temps i l'espai, evitant la pràctica actual d'adobar sempre en les mateixes parcel·les. També cal deixar madurar els fems abans de la seva aplicació, tant per qüestions higièniques com per evitar lixiviacions. Per fer possible tot l'anterior, caldria ampliar la capacitat de magatzem dels femers, de la mitjana actual (4,3 mesos) a una mitjana de 8 mesos. El balanç, i el grau d'exportació actual, permet un cert creixement de la cabana bovina, però per tal d'evitar una pressió excessiva sobre la zona, i evitar majors inversions en femers individuals, es recomana el tractament conjunt d'un mínim del 50% dels fems produïts per a la seva exportació o venda al mercat dels adobs orgànics.

4.- Avaluació de la tecnologia de compostatge.

A l'actualitat, a Juncosa, hi ha una exportació aproximada de fems de 4.000 tones a l'any, una vegada s'han deixat reposar, formant piles, i amb un mínim volteig per airejar. Aquest procés es podria assimilar a un compostatge gens controlat. Per tal de comprovar si el procés de compostatge és una bona alternativa tecnològica per al tractament dels fems, per aconseguir un producte de qualitat, ofertable en el mercat dels adobs i esmenes orgàniques, s'ha estudiat aquest en condicions reals, utilitzant la planta de compostatge del Baix Camp, terme de Botarell, i compostant fems de l'Associació de Ramaders de Juncosa.

El compostatge dels fems ha disminuït el volum de la pila de l'assaig (3 mesos) en un 46%. El contingut d'humitat del fem ha disminuït al llarg del procés de compostatge, de manera que el contingut de matèria seca del compost és del 62%, mentre que en el fem inicials era del 43%. La densitat del material ha disminuït de 550 a 400 kg/m³. Si es compostessin tots els fems produïts a l'Associació, les 20.319 tones/any de fem fresc es reduirien a 7.979 tones de compost/any, de manera que s'aconseguiria un estalvi important en el transport.



Les característiques del compost produït es resumeixen a la Taula 3. En aquesta es pot apreciar que el producte obtingut és d'una qualitat excel·lent, podent ser molt apreciat en el cultiu de la vinya, en la producció d'oli ecològic, en el cultiu del taronger o en jardineria. Els preus de mercat són molt variables, però en cas de compostar tots els fems de boví produïts, s'estimen uns ingressos bruts mínims, per venda del producte, d'uns 40 milions de pessetes, als quals caldria descomptar els costos corresponents a consum d'aigua (46 L/ tona de compost produït), els costos de personal, de transport i les amortitzacions corresponents a maquinaria i obra civil (tractor per voltejar i airejar, garbelladora i obra per condicionament de l'espai dedicat).

Es recomana que l'Associació es posi en contacte amb un gestor de residus que conegui el mercat i amb el qual pugui establir les diferents condicions tècniques i de compra-venda. Es recomana, a l'hora, donar publicitat a les característiques del producte.

Taula 3. Característiques mitjanes del compost produït a partir de fems de boví de Juncosa i valors requerits per al compost, segons normativa espanyola.

Paràmetre (unitats)	Compost Juncosa	Condicions a complir, segons BOE n°131 (2/6/98)
Matèria seca (% smf)	61	> 60
Matèria orgànica (% sms)	72,5	> 25
DQO (g O ₂ g ⁻¹ sms)	0,53	
N org. (mg g ⁻¹ sms)	26,3	> 10
P total (mg g ⁻¹ sms)	15	
K (mg g ⁻¹ sms)	34,4*	
Zn (mg kg ⁻¹ smf)	15,7	< 1100
Cu (mg kg ⁻¹ smf)	60	< 450
CE ₂₅ (dS m ⁻¹)	14,7	

* El valor de K és desmesuradament elevat, la qual cosa s'explica per la seva elevada concentració en l'aigua utilitzada per al rec de la pila de compost de la planta del Baix Camp. S'estima que el seu valor, a Juncosa, podria ser lleugerament superior a 24.

5.- Avaluació de la tecnologia de digestió anaeròbia i producció d'energia

Amb l'objectiu d'establir si el procés de digestió anaeròbia, i producció de metà (CH₄) per a la seva transformació en energia elèctrica i/o tèrmica, és una bona alternativa per al tractament dels fems de Juncosa, s'ha estudiat el procés en laboratori, realitzant incubacions a 35°C amb diferents dilucions (mescles de fems amb aigua) i repeticions. La síntesi dels resultats obtinguts es presenta a la Taula 4.

Es comprova, que les produccions de gas i les velocitats del procés augmenten conforme disminueix la concentració en matèria seca.

S'ha realitzat una simulació numèrica, a partir dels paràmetres calculats en els experiments realitzats, obtenint que en cas de realitzar una instal·lació en continu, que tractés els fems de l'Associació, caldria un consum d'aigua de 1.210 L/tona, de residu tractat, per obtenir una producció d'energia elèctrica de 3.060 MW·h/any i uns ingressos econòmics bruts, per venda d'aquesta energia, no superior a 45 milions de PTA a l'any.



Taula 4. Producció de metà, reducció de DQO i altres paràmetres de comparació per a les diferents concentracions de matèria seca (m.s.) testades (s.v.: sòlids volàtils).

Paràmetre	5% m.s.	10% m.s.	16% m.s.	22% m.s.
CH ₄ (mL)	188,66	129,71	63,78	44,03
DQO eliminada (%)	0,54	0,15	0,17	0,10
s.v. eliminats (%)	0,47	0,14	0,09	0,05
mL CH ₄ / g s.v.inicial	161,30	58,13	18,19	9,17
mL CH ₄ /g DQOinicial	92,70	33,11	10,33	5,22
ml CH ₄ /g s.v.eliminat	348,38	418,10	197,72	179,12
mL CH ₄ /g DQOeliminada	171,93	219,05	60,40	50,54
índex biodegradabilitat (DQO)	0,54	0,15	0,17	0,10

Com a subproducte s'obtidria una mescla molt diluïda (44.200 m³/any), amb poca matèria orgànica i molt mineralitzada, al qual caldria aplicar algun tractament per fer viable la seva aplicació agrícola. Per afavorir l'exportació, caldria separar o evaporar l'aigua, encarint la possible instal·lació, tant des del punt de vista tecnològic com econòmic. En cas de separar l'aigua, caldria implantar un procés de depuració d'aquesta.

S'ha estimat un temps de retorn de la inversió superior a 15 anys, presentant aquesta un elevat risc.

En general, els fems de boví, amb jaç, no són recomanables per al procés de digestió anaeròbia, malgrat que les produccions finals d'energia puguin ser apreciables, donada la necessitat de dilució amb aigua, o altres residus orgànics líquids, l'elevada inversió, la dificultat en la gestió del producte fermentat obtingut i la poca qualitat agronòmica d'aquest, en comparació amb el obtingut del procés de compostatge. A l'hora, el procés de compostatge és molt més simple i requereix una inversió molt menor.

6.- Conclusions generals.

La conclusió general és que no hi ha una problemàtica deguda a producció excedentària de nutrients que faci perillar la qualitat dels sòls o de les aigües. En cas de desitjar l'aprofitament en el propi municipi, tan sols caldria ampliar la capacitat dels femers, adoptar mesures de control i gestió de les aplicacions, planificant-les i seguint les recomanacions detallades en la memòria.

En cas de desitjar la valorització econòmica externa, per oferir els fems al mercat dels adobs orgànics i poder ampliar la càrrega ramadera de la zona, el millor procés és el de compostatge, el qual permetria produir un compost de molt bones qualitats agronòmiques, amb un ampli mercat, sense incorporació de tecnologia sofisticada. El procés de digestió anaeròbia, amb producció d'energia, no és recomanable per als fems de Juncosa.

Lleida, 18 de febrer de 1999

