

EL CONDUCTÍMETRE: EINA PER A CONÈIXER ELS NUTRIENTS DEL PURÍ

RESUM

La utilització de dejeccions ramaderes com a adob és una pràctica ancestral comuna i cada vegada més ben valorada per l'agricultor degut als nutrients que aporta al cultiu. Fins ara, l'elevada variabilitat en el seu contingut de nutrients dificultava la seva gestió, ja sigui tant a nivell agrícola com ramader. Per aquest motiu, des de fa molt temps, el DARP en col·laboració amb altres entitats i centres de recerca, estudia la seva caracterització i mesura dels nutrients mitjançant l'ús del conductímetre, que s'ha demostrat que és una eina eficaç, còmoda i econòmica. Si bé aquesta fitxa està encarada al purí porcí, cal dir que l'eina també és útil per a la caracterització d'altres purins ramaders.

En aquesta fitxa tècnica es descriuen els principals factors que influeixen en la composició del purí porcí, quin és el funcionament del conductímetre, quines són les limitacions de l'eina i què cal fer per a adaptar el sistema a les característiques pròpies de l'explotació. Adaptar l'eina és molt recomanable per a aquelles explotacions que busquin precisió a l'hora de conèixer el contingut de nutrients del purí, ja sigui per a la correcta execució de la fertilització o per a conèixer els nutrients que són generats a la seva granja.

01. Introducció

En l'agricultura actual cada vegada és més important ajustar les despeses per augmentar els beneficis i aconseguir una millor rendibilitat de l'explotació. Dins aquestes despeses, cal remarcar la importància de la fertilització, ja que en molts cultius pot suposar un 50% dels costos. Per aquest motiu, és necessari tenir en compte el valor fertilitzant de les dejeccions ramaderes i la seva disponibilitat pels cultius per a tractar-les com un adob més dins a l'explotació, ja que en moltes ocasions pot suposar un estalvi econòmic important.

A Catalunya, la major part dels purins es gestionen com a fertilitzant orgànic aplicat directament sobre la superfície agrícola (Teira *et al*, 2008), la qual cosa fa que sigui imprescindible conèixer el contingut de nutrients per a la seva correcta aplicació. A més, si es té en compte que actualment la major part de les àrees amb gran densitat ramadera estan designades com a zona vulnerable (Directiva 91/676/CEE) per contaminació de les aigües per nitrats d'origen agrari, el seu coneixement també ajudarà a complir els objectius marcats per la normativa.

A causa de l'elevada variabilitat del contingut en nutrients del purí porcí, des del 2007, el DARP en col·laboració amb altres entitats, estudia la seva caracterització i mesura ràpida de nutrients mitjançant l'ús del conductímetre, eina que es mostra molt eficaç per a conèixer els nutrients del purí d'una forma còmoda, ràpida i econòmica.

En aquesta fitxa es descriu quines són les causes de la variabilitat del purí porcí, quines precaucions cal tenir en compte a l'hora d'utilitzar el conductímetre per a garantir la seva fiabilitat i quins passos cal seguir per a

elaborar una taula de caracterització pròpia de l'explotació o entitat.

02. Característiques del purí porcí

El purí porcí presenta un contingut elevat i molt variable de nitrogen (N), fòsfor (P_2O_5) i potassi (K_2O). La seva composició varia per diversos motius:

- tipus d'explotació (engreix, mares, cicle tancat,...)
- condicions ambientals de la nau
- estació (estiu/hivern)
- tipus d'alimentació
- tipus i estat de les instal·lacions
- maneig de l'aigua
- tipus d'abeuradors
- època en què es realitza l'aplicació
- temps de permanència a la fossa i/o bassa
- estratificació de les fases del purí (sòlida i líquida) en la bassa
- etc.

Aquesta variabilitat és molt important entre els purins que procedeixen de diferents instal·lacions, tal i com es pot observar a la taula 1, i cal tenir-la en compte per ajustar bé la fertilització a les necessitats de la parcel·la i evitar aplicar-ne menys o més del necessari, ja que en ambdós casos es perjudicaria la rendibilitat del cultiu.



Figura 1. Bassa de purí de porcí. (Font: DARP, 2015).

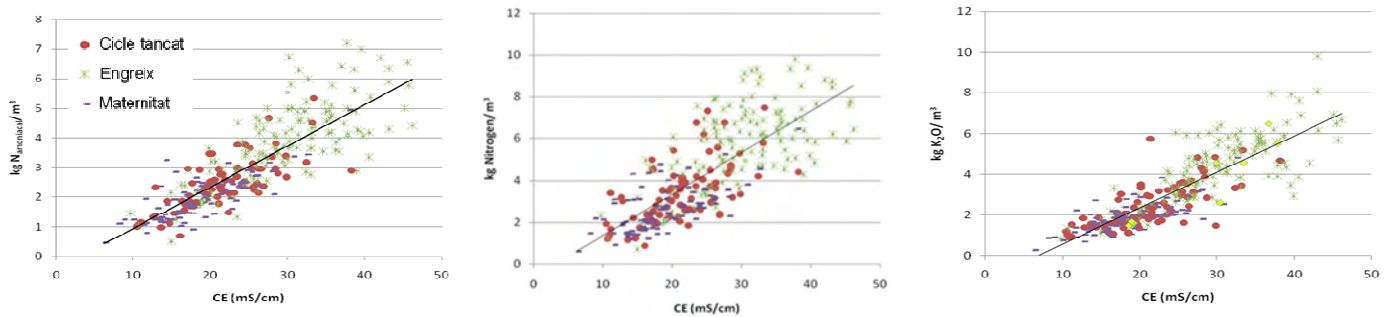


Figura 4. Relació de la conductivitat elèctrica amb el contingut $N_{\text{amoniacal}}$, $N_{\text{orgànic}}$ i K_2O . (Parera, J. et al. 2010)

Taula 2. Caracterització del purí porcí mitjançant el conductímetre. (DARP. 2012)

(kg/m ³) (N_{total} , $N_{\text{amoniacal}}$, K_2O)											
CE (mS/cm)	N_{total}	$N_{\text{amoniacal}}$	K_2O	CE (mS/cm)	N_{total}	$N_{\text{amoniacal}}$	K_2O	CE (mS/cm)	N_{total}	$N_{\text{amoniacal}}$	K_2O
9	1,2	0,8	0,4	23	3,9	2,7	2,9	37	6,7	4,7	5,4
10	1,4	0,9	0,6	24	4,1	2,9	3,1	38	6,9	4,8	5,5
11	1,6	1,1	0,8	25	4,3	3,0	3,2	39	7,1	5,0	5,7
12	1,8	1,2	0,9	26	4,5	3,2	3,4	40	7,3	5,1	5,9
13	2,0	1,4	1,1	27	4,7	3,3	3,6	41	7,5	5,2	6,1
14	2,2	1,5	1,3	28	4,9	3,4	3,8	42	7,7	5,4	6,2
15	2,4	1,6	1,5	29	5,1	3,6	3,9	43	7,9	5,5	6,4
16	2,6	1,8	1,6	30	5,3	3,7	4,1	44	8,1	5,7	6,6
17	2,8	1,9	1,8	31	5,5	3,9	4,3	45	8,3	5,8	6,8
18	2,9	2,0	2,0	32	5,7	4,0	4,5	46	8,5	5,9	7,0
19	3,1	2,2	2,2	33	5,9	4,1	4,7	47	8,7	6,1	7,1
20	3,3	2,3	2,3	34	6,1	4,3	4,8	48	8,9	6,2	7,3
21	3,5	2,5	2,5	35	6,3	4,4	5,0	49	9,1	6,4	7,5
22	3,7	2,6	2,7	36	6,5	4,6	5,2	50	9,3	6,5	7,7

$$1 \text{ mS cm}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$$

cas del purí porcí el catió predominant és el $N_{\text{amoniacal}}$ seguit del K_2O (Stevens et al., 1995 citat per Yagüe M.R. et al, 2008), per la qual cosa la CE pot ser utilitzada com una mesura indirecta per a conèixer la concentració d'aquests nutrients (Fig. 4).

Utilitat del conductímetre

A partir d'aquestes relacions s'ha desenvolupat una taula (Taula 2) que permet conèixer el contingut de $N_{\text{amoniacal}}$, $N_{\text{orgànic}}$ i K_2O del purí amb la lectura del conductímetre. Per a la seva elaboració es van prendre més de 300 mostres de diferents tipus de purí, les quals han permès obtenir un ventall de lectura que oscil·la de 10 a 50 dS m^{-1} , el que suposa un contingut de nitrogen d'1 a 9 kg N m^{-3} aproximadament.

El fòsfor es troba principalment lligat a la fase sòlida i no influeix en la CE, per la qual cosa no s'observa una bona relació i fa que el conductímetre no sigui una bona eina per a la seva determinació.

Quant al $N_{\text{orgànic}}$, també està present en la part sòlida. No obstant això, la seva proporció respecte al contingut de $N_{\text{amoniacal}}$ és força constant en la majoria de purins (en les nostres condicions, un 65-75% del N_{total} es troba en forma amoniacal), i per tant, és possible estimar el seu contingut en gran part d'aquests.

Per a saber el contingut de P_2O_5 caldrà realitzar una anàlisi del purí, ja que actualment és la millor eina per a determinar la seva concentració amb exactitud. Si es prefereix, es pot recórrer a la taula orientativa del contingut de nutrients d'adobs orgànics (DARP, 2013) i consultar-ne el contingut segons el sistema productiu. No s'ha d'oblidar que aquests valors són mitjanes i que hi pot haver una gran variació entre els valors de la taula i els reals. Podeu trobar la taula a la pàg. <http://www.ruralcat.net/web/guest/oficina-de-fertilitzacio/taules-i-dades>.

A la taula que segueix es poden trobar els principals nutrients que conté el purí, la fase on es troben i si és possible la seva determinació mitjançant el conductímetre.

Taula 3. Possibilitat de determinar el contingut dels principals nutrients mitjançant el conductímetre.

Nutrient	Fase del purí en què predomina	Determinació mitjançant el conductímetre
$N_{\text{amoniacal}}$	Líquida	Sí
$N_{\text{orgànic}}$	Sòlida	Sí
P_2O_5	Sòlida	No
K_2O	Líquida	Sí

04. Protocol per a l'ús del conductímetre

Els passos a seguir per a realitzar una lectura mitjançant el conductímetre són molt senzills, però cal tenir en compte determinats punts per a que aquesta sigui precisa i de confiança. A continuació es detallen alguns aspectes que cal tenir en compte per a que el resultat final sigui útil.

04.01. Presa de la mostra

Conductímetre manual

És el punt més important en tot el procediment, sobretot quan es fa la lectura manualment, ja que la interpretació dels resultats final dependrà del contingut de la mostra. Per aquest motiu, és imprescindible que sigui representativa de tota la bassa o cisterna que es vol caracteritzar. En moltes ocasions cal tenir en compte que una sola mostra no és suficient, ja que com s'ha comentat anteriorment, es poden trobar purins de diferents característiques dins a la mateixa bassa.

Per tant, és imprescindible homogeneïtzar la bassa o el contingut de la cisterna abans d'agafar la mostra, o en cas contrari agafar totes les mostres necessàries per a representar tota la variabilitat.

Podeu trobar tota la informació necessària sobre els mostreigs del purí a la fitxa tècnica 05 publicada pel DARP, "Protocol per al mostreig de dejeccions ramaderes". Podeu consultar el seu contingut a l'enllaç següent:

<http://www.ruralcat.net/web/guest/oficina-de-fertilizacio/fitxa-tecnica/>

04.02. Realitzar la lectura

Avui en dia és possible mesurar la conductivitat del purí manualment, o directament a l'equip de distribució mitjançant la instal·lació d'un conductímetre a la cisterna, la qual cosa facilita la caracterització del purí, i permet conèixer la seva variabilitat a través de les lectures. A l'hora de realitzar una lectura cal considerar tota la cisterna com una sola mostra. A continuació és descriu breument el procés per a l'ús de l'eina:

Conductímetre automàtic a la cisterna

És el mètode més senzill, ja que la sonda està incorporada a dins la cisterna i no requereix prendre una mostra. Solament cal prémer un botó per a que es realitzi la lectura.

La sonda és pot instal·lar a la majoria de cisternes, ja siguin noves o estiguin en ús. Com es pot observar a la figura 5, pot anar acompanyada d'un termòmetre per a corregir el resultat segons la temperatura del purí.



Figura 5. Sondes de conductivitat i termòmetre instal·lades a una cisterna (DARP, 2015).

Per al seu bon ús cal realitzar un manteniment adequat. Així doncs, és important netejar la sonda amb aigua desionitzada habitualment per a evitar que els sòlids s'hi dipositin damunt i alterin les lectures. També és necessari calibrar-la periòdicament per assegurar que realitza les lectures correctament (ho realitza el fabricant).

Conductímetre manual

És un mètode més econòmic però menys pràctic que l'anterior. Per a obtenir la lectura cal submergir el sensor del conductímetre a la mostra de purí, remenar-lo, i en pocs segons apareix la seva conductivitat (Fig. 6).

És important disposar d'aigua desionitzada per a netejar la sonda entre lectures i per a guardar-la un cop s'hagi utilitzat.

També és necessari calibrar l'aparell per assegurar el seu bon funcionament. Aquest calibratge el pot fer el mateix usuari seguint les instruccions que indica el manual de l'aparell.



Figura 6. Exemple de l'ús del conductímetre manual. (DARP, 2012).

04.03. Obtenció del contingut de nutrients

Conductímetre automàtic

L'obtenció del contingut de nutrients és automàtica, ja que la consola que s'instal·la té incorporada la taula de caracterització del purí porcí, i per tant ja realitza la interpretació de la lectura. Com es pot observar a la figura 7, la riquesa del purí apareix a la pantalla de la consola.



Figura 7. Un dels models disponibles de consola del conductímetre automàtic. (DARP, 2015).

Exemple de l'ús de la taula:

La interpretació d'un purí que presenta una CE= 24 dS m⁻¹ serà:

CE(mS/cm)	Kg m ⁻³		
	Ntotal	Namoniaca	K ₂ O
24	4,1	2,9	3,1

Conductímetre manual

Un cop es tinguin les lectures de la CE, es consulta la taula de caracterització (Taula 2) per a fer la interpretació. Cal buscar el valor de la CE a la columna corresponent i posteriorment es consulta els continguts dels nutrients a la mateixa fila.

05. Limitacions

Cal tenir en compte que la metodologia està basada en les relacions mostrades anteriorment, les quals mostren una variabilitat important dels valors. Per tant, en alguns casos és possible que els resultats d'aquesta eina difereixin dels continguts reals, ja que hi ha factors que poden alterar la lectura (Taula 4).

Taula 4. Factors que influeixen en la confiança del conductímetre. (Elaboració pròpia, 2015)

Factors que influeixen en la confiança del conductímetre
Consum d'aigua de l'explotació (animals i neteja)
Qualitat de l'aigua (contingut de sals)
Alimentació: tipus de pinso/dietes
Densitat del purí
Riquesa del purí (valors molt alts o baixos)
Ús d'additius

La conductivitat del purí porcí es deu principalment al contingut de sals incorporades al pinso, ja que la major part d'aquestes són eliminades per l'animal en l'excreta i l'orina (Dominguez, S.G.; Faz, A.; 2009). Per tant, el tipus de dieta influirà molt en aquesta relació. A més a més, també caldrà tenir en compte el tipus d'aigua i les sals que aquesta pot incorporar, ja sigui a través del sistema de neteja o el consum per part dels animals.

Un altre factor que pot influir en el resultat del conductímetre és l'ús d'additius al purí per a minimitzar el seu impacte al medi (reducció de males olors, solubilització de la fase sòlida, etc.). Alguns d'aquests modifiquen les característiques del purí i per tant, poden influir en la seva CE i posterior interpretació.

També s'ha observat que l'ús del conductímetre pot portar a errors quan el purí es troba als extrems de la relació, és a dir, purins amb continguts molt alts o baixos de nutrients, o quan el purí presenta una densitat molt elevada (molt espès), ja que en aquest últim cas les partícules sòlides poden dificultar la lectura de la sonda i pot portar a confusions, i a més també pot variar la proporció entre el N_{orgànic} i el N_{amoniaca}.

Per tant, l'ús del conductímetre comporta un error que cal tenir en compte, i que pot ser major o menor segons les característiques del purí. Així doncs, en els casos que es desitgi més precisió es recomana que l'explotació realitzi la seva pròpia recta de caracterització, que s'ajusti a les característiques de maneig de la granja i reduir l'error causat per la variabilitat.

Tot i així, el conductímetre pot oferir certs avantatges respecte a les anàlisis. Una anàlisi solament reflecteix el contingut d'una mostra en un moment concret, en canvi, el conductímetre permet realitzar diverses lectures de forma ràpida i còmoda, fet el qual ofereix la possibilitat d'observar la variabilitat espacial i temporal. No obstant això, és imprescindible complementar les dos eines si el que es busca és tenir una bona caracterització del purí.

La taula de CE del DARP està realitzada amb moltes mostres de Catalunya, per tant, és una bona eina orientativa per a conèixer el contingut de nutrients. No obstant això, es recomana que les explotacions, empreses o agrupacions que hagin de fer moltes aplicacions tinguin la seva pròpia taula.

Per aquest motiu, a continuació s'indiquen els passos que caldria seguir per realitzar una taula pròpia de caracterització d'un purí.

06. Elaboració de la taula de caracterització pròpia

06.01. Calendari de mostreig

Segons les característiques i maneig de l'explotació hi pot haver una major o menor variabilitat del purí durant l'any. És important tenir en compte els diferents períodes i prendre mostres en tots aquests per tal que les variacions del purí estiguin representades en la taula de caracterització.

06.02. Recollida de mostres

Tal i com s'ha comentat anteriorment, és molt important que la mostra representi el purí que es vol caracteritzar, per tant, es recomana agafar les mostres a camp directament de la cisterna, ja sigui quan ha acabat de carregar, durant la seva aplicació al camp o després d'un trajecte per assegurar-se que la mostra és homogènia.

El nombre de mostres que cal agafar variarà segons l'explotació (10, 15...). És important que les mostres que s'agafin permetin obtenir una bona precisió de la correlació ($r^2 > 0.70$) entre la CE i el contingut de cada nutrient, i també cal que hi hagi una diferència mínima de 10 dS m^{-1} entre el valor màxim i mínim de les lectures realitzades, així s'assegura que la caracterització del purí serà bona quan es trobi dins d'aquest interval. S'ha de tenir en compte que si posteriorment es realitza una lectura que no està a dins el rang de la relació, la probabilitat d'error serà major que si es troba dins l'interval de la recta realitzada.

No obstant això, és més important el moment i lloc de mostreig que el nombre de mostres. Cal que aquestes estiguin espaiades de forma que incloguin les diferències ambientals anuals i les variacions dels diferents punts de la bassa.

06.03. Lectures de la conductivitat i anàlisis

Es mesurarà la conductivitat elèctrica mitjançant el conductímetre disponible a l'explotació (manual o automàtic). Es recomana realitzar diverses lectures de la mateixa mostra i fer la mitjana d'aquestes. Cal enviar les mostres al laboratori immediatament per a determinar el contingut de matèria seca, N_{total} , $N_{\text{amoniacal}}$ i K_2O . El $N_{\text{orgànic}}$ s'obté de la diferència entre el N_{total} i $N_{\text{amoniacal}}$.

06.04. Interpretació dels resultats analítics

Els resultats de les anàlisis acostumen a estar expressats en unitats de concentració (% sms o smf), per tant caldrà canviar les unitats a kg m^{-3} per a planificar la fertilització o conèixer els nutrients que genera l'explotació.

A la taula 5 es mostra el procediment que cal seguir per a la conversió d'unitats. Alguns laboratoris poden expressar els resultats analítics en altres unitats, en el cas que hi hagi algun dubte en la interpretació es recomana contactar amb el laboratori.

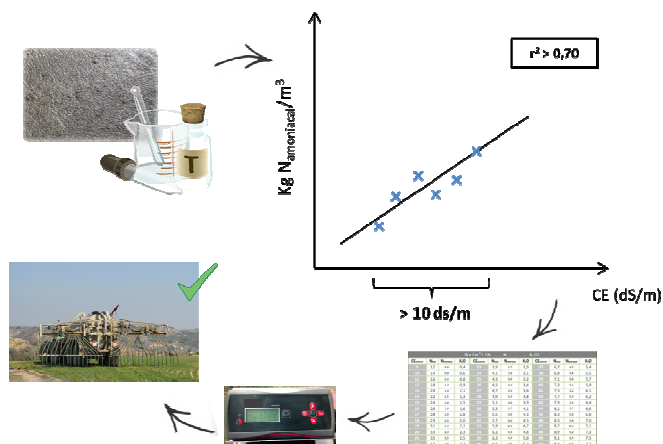


Figura 8. Il·lustració del procés per a obtenir una taula de caracterització.

06.05. Determinar la relació lineal

Es determinarà la relació lineal entre la CE mesurada amb el conductímetre i cadascun del contingut de nutrients analitzat mitjançant una anàlisi de regressió lineal, a través d'un programa de full de càlcul o anàlisi estadístic.

Un cop es tinguin les equacions de la relació, solament cal buscar el contingut de nutrients a diferents intervals de CE per a obtenir la taula de caracterització del purí de l'explotació i introduir-la al conductímetre automàtic (si és el cas) o utilitzar-la en el cas del conductímetre manual.

Taula 5. Relacions de conversió dels resultats de l'anàlisi a kg m^{-3}

Resultats expressats en % sobre matèria seca (s.m.s.)	Resultats expressats en % sobre matèria fresca (s.m.f.)
NITROGEN	
$\frac{X \text{ kg N}}{100 \text{ kg m.s.}} \times \frac{X \text{ kg m.s.}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{\text{densitat t}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg N}}{\text{m}^3}$	$\frac{X \text{ kg N}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{\text{densitat t}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg N}}{\text{m}^3}$
FÓSFOR	
$\frac{X \text{ kg P}}{100 \text{ kg m.s.}} \times \frac{X \text{ kg m.s.}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{\text{densitat t}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg P}_2\text{O}_5}{\text{m}^3}$	$\frac{X \text{ kg P}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{\text{densitat t}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg P}_2\text{O}_5}{\text{m}^3}$
POTASSI	
$\frac{X \text{ kg K}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{X \text{ kg m.s.}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{\text{densitat t}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg K}_2\text{O}}{\text{m}^3}$	$\frac{X \text{ kg K}}{100 \text{ kg m.f.}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{\text{densitat t}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg K}_2\text{O}}{\text{m}^3}$

On:

X= valor dels resultats de les anàlisis

Nota: En el cas de no conèixer la densitat del purí, es pot utilitzar un valor mitjà de $1,02 \text{ t m}^{-3}$

07. Bibliografia

DOMINGUEZ, S.G.; FAZ, A. (2009). *Utilización sostenible de purines de cerdo, con y sin tratamiento, como enmienda orgánica en cultivos de almendro.*

Fitxa tècnica 05. *Protocol per al mostreig de dejeccions ramaderes.* DARP, 2013.

IRAÑETA, I.; ABAIGAR, A.; (2002). *Purín de porcino.* Navarra Agraria. 9 – 26.

PARERA, J.; DOMINGO, F.; MALLOR, C.; CANUT, N.; (2010). *Adaptación del uso de la conductividad eléctrica (CE) para determinar de forma rápida el contenido en nutrientes del purín porcino en Catalunya*

STEVENS, R.J; O'BRIC, C.J; CARTON, O.T.; (1997). *Estimating nutrient content of animal slurries using electrical conductivity.* Journal of Agronomy Science. 125. 233-238.

TEIRA, R. (2008). *Informe per a la millora de la gestió dels purins porcíns a Catalunya.* Informes del CADS 5. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.

YAGÜE, M.R.; QUÍLEZ, D.; IGUÁCEL, F.; ORÚS, F; (2008). *Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.* Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.

Autors:

Jordi Tugues
 Juan Parera
 Elena Puigpinós
 Gemma Murillo
 Albert Piñol
 Carlos Ortiz
 Núria Canut
 Josep M. Llop.

DARP - Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes

A/e: jordi.tugues@gencat.cat

Si teniu alguna qüestió relacionada amb aquesta fitxa tècnica no dubteu a posar-vos en contacte amb l'Oficina de fertilització i tractament de les dejeccions ramaderes.



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
 Ramaderia, Pesca i Alimentació**



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària
 i del món rural
www.ruralcat.net

