

ALGUNS EFECTES CONTAMINANTS PER ALS SÒLS D'APLICACIONS EXCESSIVES DE SUBPRODUCTES RAMADERS

A. Torres¹ i J. Boixadera^{1,2}

RESUM

En aquest treball s'estudien els efectes sobre els sòls de l'aplicació de grans quantitats de subproductes ramaders (purins i fems) en parcel·les del Pla d'Urgell enfront d'aquelles on no se n'apliquen. Per això se seleccionen, de més de 200 enquestes prèvies, un total de 44 parelles de parcel·les, i cada parella està constituïda per dues parcel·les amb el mateix tipus de sòl (de sèrie), la mateixa rotació de cultius, si bé a una s'han aplicat subproductes ramaders durant almenys quinze anys i a l'altra únicament s'han aplicat adobs minerals.

Malgrat ésser coneguts els possibles efectes negatius sobre el sòl de l'aplicació de grans quantitats de subproductes ramaders, existeix poca informació en els nostres sistemes agraris de la magnitud i taxa d'aquests canvis en els sòls. Per això es va portar a terme aquest estudi a la comarca del Pla d'Urgell, on

existeix una elevada densitat ramadera, especialment de porcí, i una agricultura de regadiu força intensiva i on ja s'han dut a terme altres treballs sobre els purins, ja que és una de les comarques que forma part del Pla Pilot de Purins.

En les parcel·les estudiades els subproductes ramaders s'apliquen en bastants casos a dosis superiors a les que es podrien considerar aconsellables des d'un punt de vista agronòmic. Els sòls reflecteixen aquesta aplicació en excés sobre les exportacions dels cultius, si bé només una part del C, N i K aplicats és retinguda al sòl. En les parcel·les amb aplicacions de subproductes ramaders s'ha incrementat la matèria orgànica, el nitrogen total i el potassi, i en són especialment notables els continguts pel cas del fòsfor assimilable i dels nitrats.

Aquests continguts de nitrats i fòsfor trobats en el sòl de les parcel·les on s'han aplicat subproductes ramaders condicionaran forçosament el futur comportament del sòl, malgrat que la magnitud de l'impacte sobre els sistemes associats és desconeguda, raó per la qual cal ampliar els coneixements en aquest camp mitjançant l'establiment d'assaigs a llarg termini.

1. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. Av. Alcalde Rovira Roure, 177. Lleida.

2. Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies. DARP. Generalitat de Catalunya. Rovira Roure, 177. 25006 Lleida.

PARAULES CLAU: fòsfor, nitrats, assaig a llarg termini, agroecosistema.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los efectos sobre los suelos de la aplicación de grandes cantidades de subproductos ganaderos (purines y estiércoles) en parcelas del Pla d'Urgell frente a aquellas en las que no se aplican. Por esto se seleccionan, a partir de más de 200 encuestas previas, un total de 44 parejas de parcelas; cada pareja está constituida por dos parcelas con el mismo tipo de suelo (de serie), la misma rotación de cultivos y en una de ellas se ha aplicado subproductos ganaderos durante al menos quince años y en la otra únicamente se ha aplicado abonos minerales.

A pesar de ser conocidos los posibles efectos negativos sobre el suelo de la aplicación de grandes cantidades de subproductos ganaderos existe poca información, para nuestros sistemas agrarios, de la magnitud y tasa de estos cambios en nuestros suelos. Ante este hecho se llevó a cabo este estudio en la comarca del Pla d'Urgell, donde existe una elevada densidad ganadera, especialmente de porcino, y una agricultura de regadío bastante intensiva y donde ya se han realizado otros trabajos sobre los purines, ya que es una de las comarcas que forman parte del Pla Pilot de Purins.

En las parcelas estudiadas los subproductos ganaderos se aplican en bastantes casos a dosis superiores a las que se podrían considerar aconsejables desde un punto de vista agronómico. Los

suelos reflejan esta aplicación en exceso sobre las exportaciones de los cultivos, si bien sólo una parte del C, N y K aplicado es retenido en el suelo. En las parcelas con aplicación de subproductos ganaderos se ha incrementado la materia orgánica, el nitrógeno total y el potasio, y son notablemente elevados los contenidos de fósforo asimilable y de nitratos.

Estos contenidos de nitratos y fósforo hallados en el suelo de las parcelas donde se han aplicado subproductos ganaderos condicionarán forzosamente el futuro comportamiento del suelo, a pesar de que la magnitud del impacto sobre los sistemas asociados es desconocida, razón por la que es preciso ampliar los conocimientos en este campo mediante el establecimiento de ensayos a largo plazo.

PALABRAS CLAVE: fósforo, nitratos, ensayos a largo plazo, agroecosistema.

ABSTRACT

This paper reports on the effects of the application of large amounts of animal manure (slurry and farmyard manure) on soils in the Pla d'Urgell area. To this end, 44 pairs of fields were selected from more than 200 questionnaires. Each pair shared the soil type and rotation, but in the last 15 years, one of them has only been fertilized using mineral products and the other mainly with animal manure.

Although the possible negative effects on the soils from heavy applications of animal manures are known, for these agricultural systems, there is scant infor-

mation about the amount and rate of change in the soils. Because of this, the current study was carried out in the Pla d'Urgell area where there is a high density of animal husbandry, especially pigs, and irrigated agriculture is highly intensive. Other studies related to the problem of pig slurry have also been carried out in this area because it is included within a so-called Pilot Slurry Project.

In the fields studied, animal manures have very often been applied at rates well above what may be advisable from the agronomic point of view. The soils show such excess applications above crop nutrient exports, although only part of the C, N and K applied is retained by the soil. In the fields with the application of animal manures, an increase of organic matter, total nitrogen and potassium was observed, and the contents in available phosphorus and nitrate are especially high.

The levels of nitrates and phosphorus found in the soils of the fields where farmyard manure has been applied will determine the future behaviour of the soil, although the scale of the impact in the associated systems is unknown. Consequently, there is a need to enlarge the knowledge about these fields through the setting up of long-term experiments.

KEY WORDS: phosphorus, nitrate, long term experiments, agro-ecosystems.

1. INTRODUCCIÓ

Els subproductes ramaders —com els fems, purins i gallinasses— aplicats

al sòl són una font de nutrients per a les plantes i una font de matèria orgànica per al sòl, la qual cosa afavoreix el reciclat dels nutrients i, per tant, afecta directament o indirecta la nutrició de les plantes.

La importància de l'explotació intensiva de bestiar porcí en algunes comarques catalanes origina un nou problema: l'eliminació de les dejeccions acumulades a les granges. Concretament la comarca del Pla d'Urgell, on es realitza aquest estudi, presenta una densitat porcina de 10 caps/ha (*Estadística i conjuntura agrària*, 1993). La conseqüència directa i immediata de les elevades concentracions espaials i temporals d'aquest subproducte ramader és que molts agricultors-ramaders realitzen l'aplicació de purins als conreus segons les necessitats de buidat de les fosses, sense bases tècniques pel que fa referència a la quantitat, època d'aplicació i possibles efectes (*Ferrer et al.*, 1981).

Tot i que el sòl pot ser considerat com un biofiltre reactiu on tenen lloc processos físics, químics i biològics de manera natural i que el sistema sòl ofereix una excel·lent via de tractament de residus, s'ha de tenir en compte que el sòl com a sistema de maneig de residus està molt restringit i que una acumulació de determinats elements en el sòl comporta efectes mediambientals negatius (De Haan i Van der Zee, 1992). La importància de controlar les aplicacions al sòl d'aquests subproductes, les quals, quan són excessives, esdevenen abocaments de residus, i d'evitar així la contaminació de sòls es pot sintetitzar, seguint Felipó i Garau (1987):

— el sòl és un recurs no renovable a curt termini i, per tant, cal protegir-lo a fi d'evitar que esdevingui improductiu;

— la capacitat depuradora del sòl no és il·limitada;

— a través del sòl determinades substàncies tòxiques poden passar als éssers vius.

De fet, el sòl actua com a interfase obligada de molts processos de transferència de substàncies a l'atmosfera, a la hidrosfera i, com ja s'ha dit, a la biosfera. Sovint, però, aquestes substàncies, que ja existeixen de manera natural al sòl, no s'hi acumulen, sinó que són transferides a l'atmosfera o a la hidrosfera (cas del N), o si s'hi acumulen (cas del P), l'interval en què ho poden fer sense que els cultius en pateixin les conseqüències és tan gran que resulta difícil parlar de contaminació; això no implica que no estiguem davant d'un procés de mal funcionament del sistema (De Haan i Van der Zee, 1992), malgrat les dificultats de poder definir de manera molt estricta la contaminació.

Amb l'aplicació dels fems i purins al sòl s'aconsegueix el reciclat per part del sistema sòl-planta dels nutrients que aporten els subproductes ramaders i la millora de la fertilitat dels sòls. Quan aquestes aplicacions es fan correctament, el risc de contaminació és mínim (Voorburg *et al.*, 1993). Quan el sòl és usat com a mitjà per gestionar els subproductes ramaders al mínim cost, el risc de contaminació és elevat, a causa d'una acumulació de nutrients en el sòl.

La capacitat dels sòls de retenir un

excés de nutrients varia àmpliament en funció del tipus de sòl. Així, l'aptitud dels sòls a les aplicacions de purins serà funció de propietats del sòl tals com la conductivitat hidràulica, la profunditat al nivell freàtic, el pendent, el SAR, la salinitat, la capacitat de retenció d'aigua disponible, la freqüència d'inundació, la reacció del sòl, la textura de l'horitzó superficial i la fondària efectiva d'arrelament (Danés *et al.*, 1994).

En la línia del que s'ha indicat abans, una de les conseqüències del mal funcionament del sòl, quan s'hi apliquen en excés fems i/o purins, és els efectes negatius en la qualitat de les aigües. Els problemes potencials poden ser causats per (Pratt, 1979):

— l'acumulació de patògens, fòsfor, carboni orgànic i nitrogen orgànic, que no es mouen a través del perfil, però que poden ser traslladats a l'aigua superficial per erosió del sòl;

— el moviment de sals solubles i nitrats pels fluxos de les aigües subsuperficials i el moviment per percolació profunda a les aigües subterrànies.

L'objectiu d'aquest estudi és conèixer els efectes sobre algunes propietats químiques del sòl de l'aplicació —com a pràctica reiterada d'alguns agricultors al llarg d'un període de més de quinze anys— de fems i/o purins en quantitats molt per sobre de les dosis agronòmicament recomanables. L'estudi se centra en la comarca del Pla d'Urgell i recull parcialment resultats d'un treball més ampli (Torres, 1995).

La manca d'assaigs a llarg termini i la dificultat de documentar les aplica-

cions ens ha portat a emprar l'estudi de parelles de parcel·les properes amb totes les característiques similars (tipus de sòl, rotació de cultius), però que difereixen en l'aplicació de subproductes ramaders. La validesa dels resultats presentats resta en la bondat d'aquesta comparació.

Malgrat haver estat estudiades determinades propietats, com la salinitat, no s'ha pogut arribar a resultats conclouents, raó per la qual no es recullen aquests resultats en el aquest treball.

2. MATERIAL I MÈTODES

2.1. Localització

Aquest treball ha estat realitzat en la comarca del Pla d'Urgell. Amb una extensió de 30.470 ha, la comarca limita a l'est amb l'Urgell, al sud amb les Garrigues, a l'oest amb el Segrià i al nord amb la Noguera. Setze municipis pertanyen a la comarca del Pla d'Urgell: Barbens, Bell-lloc, Bellví, Castellnou de Seana, Fondarella, Golmés, Ivars d'Urgell, Linyola, Miralcamp, Mollerussa, Palau d'Anglesola, Poal, Sidamon, Torregrossa, Vilanova de Bellpuig, Vilasana.

La ramaderia té un pes específic molt gran en certs municipis; el bestiar porcí és el més important amb un total de 304.700 caps (*Estadística i conjuntura agrària*, 1993). L'abundant activitat ramadera de la comarca, amb 10 caps/ha de porcí (*Estadística i conjuntura agrària*, 1993), acaba condicionant el maneig del sòl. L'elevada producció de purins i altres subproductes fa que

en una gran part de parcel·les s'apliqui al sòl.

Els conreus més abundants en la comarca són herbacis, tals com l'alfals, blat, panís, gira-sol, ceba i també, encara que en menys quantitat, conreus llenyosos com la pomera i el perer. Pràcticament tota la comarca està regada pels canals d'Urgell, de manera que la superfície de secà és negligible.

2.2. Metodologia de treball

Per tal de portar a terme aquest treball es va fer un mostreig estratificat a través del qual es varen seleccionar 44 parelles de parcel·les pel mètode de la malla quadrada. En primer lloc, a partir de les dades obtingudes a través de la realització de més de 200 enquestes sobre les pràctiques de fertilització i d'aplicació de subproductes ramaders al sòl, que cobrien gran part de la comarca, es van buscar les parcel·les on s'han aplicat fems i/o purins com a adob des d'almenys fa quinze anys. Amb les dades i la situació d'aquestes parcel·les es va buscar una parcel·la parella que pertanyés a la mateixa sèrie de sòls (Herreiro *et al.*, 1993), on no s'apliqués ni fems ni purins, que tingués la mateixa rotació de cultiu, i que estigués situada en un mateix requadre (800 ha) d'una malla, que cobria tota la comarca del Pla d'Urgell.

D'aquesta manera es localitzaren 44 parelles de parcel·les, 88 parcel·les en total, distribuïdes per tot el Pla d'Urgell amb la principal diferència que en una s'aplicaven subproductes ramaders en abundància i en l'altra no.

TAULA I. *Mètodes d'anàlisi*

Paràmetre	Unitats	Mètode d'anàlisi
NO ₃ ⁻	kg N/ha	Extracció amb H ₂ O
pH	—	En aigua
Matèria orgànica	%	Mètode Walkley-Black
N _{total}	%	Mètode Kjeldahl
P _{assimilable}	mg/kg	Mètode Olsen-Watanabe
K _{assimilable}	mg/kg	Acetil amònic; pH = 7

Es va recollir de cada parcel·la una mostra composta de tres punts en zig-zaga. Les mostres es van agafar de quatre profunditats diferents: 0-30 cm, 30-60 cm, 60-80 cm, 80-120 cm, sempre que va ser possible barrinar fins a aquesta fondària, és a dir, quan no hi havia un horitzó petrocàlcic, una capa de graves esquelètica, una lutita o un gres. El mostreig es va portar a terme entre els mesos de desembre i març (1993-94). De cada parcel·la mostrejada i en cada profunditat es van determinar els nitrats i el pH.

Pels sòls de cada parcel·la, però únicament per a les mostres corresponents a les profunditats 0-30 cm i 30-60 cm, es van determinar, a més a més, els següents paràmetres: matèria orgànica, N-Kjeldahl, fòsfor assimilable i potassi assimilable. Els mètodes d'anàlisi emprats es mostren en la taula I.

Totes les dades han estat tractades estadísticament mitjançant el programa informàtic SAS (*Statistical Analysis System*). S'ha portat a terme una anàlisi de variància de models creuats (amb un nivell de significació del 5 %) que ha permès conèixer fins a quin punt els tractaments aplicats han determinat els resultats. A més a més, s'ha realitzat una separació de mitjanes utilitzant el con-

trast *a posteriori* de SNK (Student-Newman-Keuler).

3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

3.1. Aportacions de nutrients al sòl

Al Pla d'Urgell, el subproducte ramader que més s'aplica al sòl és el purí de porc. El 80 % de les parcel·les enquestades únicament apliquen subproductes ramaders al sòl com a adob en forma de purí de porc, amb una quantitat mitjana d'aplicació de 83,5 m³ purí/ha/any amb un màxim de 230 m³ purí/ha/any i un mínim de 34,5 m³ purí/ha/any.

L'aplicació de 83,5 m³/ha/any de purí de porc d'engreix al sòl equival a una aportació de 497 kg de N/ha/any, 440 kg de P₂O₅/ha/any i 304 kg de K₂O (Ferrer *et al.*, 1981). Aquesta aportació de nitrogen per hectàrea i any per a zones vulnerables sobrepassa àmpliament el previst en la normativa comunitària (DOCE 91/676/CEE), que fixa un màxim de 170 kg de N dels fems per ha i any.

L'aplicació de fems i/o purins al sòl, en molts casos es fa sense tenir en compte l'espècie conreada; en canvi,

l'aportació d'adob inorgànic, tant en les parcel·les on a més a més s'apliquen subproductes ramaders, com en les que no, es realitza en funció del conreu. Això i el fet que els propietaris de les parcel·les enquestades amb aplicació de subproductes ramaders, en la majoria dels casos fossin ramaders, indica que les aplicacions es realitzen més en funció de les necessitats de buidat de les fosses que sobre la base de criteris tècnics, tal i com també va constatar Ferrer *et al.* (1981).

3.2. Efectes sobre les propietats químiques del sòl

3.2.1. Reacció del sòl

L'efecte de l'aplicació de subproductes ramaders sobre el pH únicament és apreciable en els 30 cm superiors del sòl, on s'observa un decrement, estadísticament significatiu, de 0,15 unitats en les parcel·les on s'apliquen subproductes ramaders (8,37) respecte a les que no (8,52), pel conjunt de sòls. Aquesta

reducció cal atribuir-la a la magnitud del procés de nitrificació en els sòls on s'apliquen subproductes ramaders, a causa de l'alt contingut d'amoni en les dejeccions ramaderes i a la mineralització del nitrogen orgànic.

La influència de l'aplicació de subproductes ramaders en el pH del sòl no s'observa a fondàries per davall dels 30 cm (taula II), on els valors del pH són molt igualats entre les parcel·les amb aplicació de subproductes ramaders i sense.

La significació agronòmica i ambiental d'aquesta disminució de pH cal considerar-la molt minsca, pel gran poder d'esmoreïment d'aquests sòls (gairbé tots els sòls de la comarca del Pla d'Urgell tenen més del 15 % de CaCO₃ equivalent (Herrero *et al.*, 1993)), i perquè la reducció és com a màxim de 0,3 unitats de pH; això no implicarà cap canvi en la solubilitat dels metalls pesants (Lucas *et al.*, 1970) o en les condicions generals de la rizosfera.

TAULA II. Efecte de l'aplicació de subproductes ramaders al sòl en dosis elevades sobre els nivells de pH a diferents fondàries

Fondària (cm)	Tractament	Núm. de parcel·les	pH
0-30	Sense subproductes ramaders	44	8,5 a
	Amb subproductes ramaders	44	8,4 b
30-60	Sense subproductes ramaders	44	8,6 a
	Amb subproductes ramaders	44	8,6 a
60-90	Sense subproductes ramaders	35	8,5 a
	Amb subproductes ramaders	38	8,5 a
90-120	Sense subproductes ramaders	31	8,7 a
	Amb subproductes ramaders	32	8,8 a

* Separació de mitjanes pel test SNK. Els valors seguits de diferents lletres són significativament diferents a un nivell de significació del 5 %.

TAULA III. Efecte de l'aplicació de subproductes ramaders al sòl en el contingut de matèria orgànica (%) per a la profunditat de 0 a 30 cm

Tractament	Núm. de parcel·les	m.o. (%)
Sense subproductes ramaders	44	1,94 b
Amb subproductes ramaders	41	2,42 a

* Separació de mitjanes pel test SNK. Els valors seguits de diferents lletres són significativament diferents a un nivell de significació del 5 %.

3.2.2. Matèria orgànica

Els continguts de matèria orgànica en els sòls tractats amb subproductes ramaders són estadísticament més grans que els no tractats per a la capa 0-30 cm (taula III), mentre que per a la capa 30-60 cm no hi ha diferències significatives (dades no presentades).

Això vol dir que a les dosis estudiades, una mitjana de 85 m³/ha/any de purí, es produeix un increment del contingut de matèria orgànica al sòl, encara que relativament petit (unes 2,25 t/ha), i per tant es produeix una certa «conservació» al sòl del C aportat (1,3 t C/ha, equivalent aproximadament a 4,8 t de CO₂/ha), que és probablement inferior al 3,5 % aportat. L'augment del contingut de matèria orgànica del sòl podria comportar una millora de les propietats físiques i biològiques del sòl, però aquest aspecte no ha estat estudiat en aquest treball.

3.2.3. Nitrogen i relació carboni/nitrogen

El contingut de nitrogen total (suma de l'orgànic més l'amoniacal) s'ha incrementat de manera estadísticament significativa en les parcel·les tractades (taula IV) respecte a les no tractades en

la fondària de 0 a 30 cm. Aquest increment representa uns 1.350 kg N/ha per a un període d'almenys quinze anys. L'augment del contingut de N en els primers 30 cm s'explica per les quantitats aportades per sobre de les exportacions en les parcel·les amb aplicació de subproductes ramaders, i representa una «conservació» del N al sòl inferior al 20 %. La relació C/N no s'ha vist pràcticament afectada ja que els valors es mantenen en un interval molt reduït (9,3-10,3 per al conjunt d'horitzons i entre 10,1-10,3 per als horitzons superficials) i no hi ha diferències estadísticament significatives.

Els continguts de nitrats a les parcel·les tractades són de més del doble en relació a les no tractades; aquesta diferència relativa s'incrementa encara més per a la profunditat 30-60 cm. Per als sòls profunds en la capa 90-120 cm s'observen uns continguts més elevats que per a la capa 0-30 cm de les parcel·les no tractades (dades no presentades).

Aquests resultats mostren que hi ha un contingut molt elevat de nitrats al sòl allí on s'apliquen dosis elevades de subproductes ramaders, i que aquest excés fa que només una petita part sigui aprofitada per les plantes, mentre que una part important es perdrà, tenint

TAULA IV. Efecte de l'aplicació de subproductes ramaders al sòl en dosis elevades comparat amb l'adobat mineral per a diferents propietats del sòl i diferents fondàries

Fondària (cm)	Tractament	N Kjeldahl (%)	Nitrats (kg/ha i 30 cm)	P Olsen (mg/kg)	K assimilable (mg/kg)
0-30	Sense subproductes ramaders	0,11 b	40 b	18 b	145 b
	Amb subproductes ramaders	0,14 a	115 a	77 a	318 a
30-60	Sense subproductes ramaders	0,07 a	20 b	5 b	108 b
	Amb subproductes ramaders	0,08 a	65 a	14 a	167 a

* Separació de mitjanes pel test SNK. Els valors seguits de diferents lletres són significativament diferents a un nivell de significació del 5 %.

en compte l'elevada mobilitat d'aquesta ió en el sòl, sobretot tractant-se de sòls en regadiu (Chang, 1991).

La interpretació global d'aquestes dades és complexa i, com ja s'ha apuntat abans, hi ha una transferència important fora del sòl del N aplicat.

3.2.4. Fòsfor assimilable

Les parcel·les on s'han aplicat subproductes ramaders (taula IV) tenen uns continguts de P assimilable (Olsen) als primers 30 cm molt més alts que a les parcel·les on no se n'aplica. Un fet notable és l'enriquiment de l'horitzó 30-60 cm (aproximadament el triple en les parcel·les on s'apliquen subproductes ramaders). En tots els casos les diferències han estat estadísticament significatives. Les raons que expliquen aquesta acumulació de P als sòls són múltiples i complexes. La primera rau en la composició desequilibrada que tenen el N i el P dels subproductes ramaders en relació a les extraccions (exportacions) de molts cultius; la segona es troba en el fet que l'eficiència en l'aprofitament i la seva retenció al sòl del N és molt in-

ferior que en el cas del P. Només és possible aplicar sense causar greus problemes als cultius, un excés de subproductes ramaders en condicions d'un ús molt poc eficient del nitrogen, fet que donaria com a resultat, entre altres coses, aquests augments generalitzats del P al sòl.

El fet que l'horitzó subsuperficial hagi tingut un enriquiment tan important de P és també molt notori. Fins fa poc s'acceptava com un fet demostrat que el P restava immòbil en sòls calcàris, com els del Pla d'Urgell, ja que la presència de carbonats al sòl condueix a la formació de fosfats altament insolubles, que feien que les quantitats presents a la solució del sòl fossin molt baixes i que la mobilització del P sol restés lligada als processos erosius. L'evidència actual, en aquest i en altres estudis, demostra que, si bé de manera molt limitada, el P es pot moure significativament a través del sòl; els processos podrien ser a través del flux de l'aigua als macroporus del sòl, anomenat *bypass flow* a la literatura anglosaxona, que els compostos orgànics afavorissin la translocació del P o ambdues en un context d'alts continguts de P al sòl.

La interpretació completa d'aquests fets no és possible avui en dia. Com ja s'ha indicat, aquest desequilibri aportacions-extraccions, en estar molt per sobre les exportacions dels conreus, provoca l'acumulació de P al sòl. Des d'un punt de vista mediambiental els aspectes són múltiples. El risc més gran és per a les aigües continentals, on el P és el factor limitant al creixement i, quan deixa de ser-ho, desencadena el procés anomenat *eutrofització*; la gravetat del problema anirà lligada a les possibilitats de transferència —generalment via erosió— a les aigües superficials i a la seva qualitat. Els efectes nocius en condicions de camp des d'un punt de vista agronòmic d'una acumulació de P al sòl, com les aquí presentades, resta sota discussió; s'han descrit, sota certes condicions, efectes induïts de carències en microelements, i en tot cas mereix una reflexió el fet de continuar aplicant de manera indefinida P a uns sòls en què la interpretació agronòmica de l'anàlisi és «molt alt».

3.2.5. Potassi assimilable

La taula IV presenta els canvis en el contingut de K assimilable que es produeixen en aplicar productes ramaders. Els increments de K són notables (778 kg/ha per als primers 30 cm i 266 kg/ha entre 30-60 cm; és a dir, de l'ordre de 1.000 kg K/ha), i es tindria una «conservació» al sòl d'un 28 %, només una mica superior al N. Els continguts de K en les parcel·les tractades, des d'un punt de vista agronòmic, s'han de considerar «mitjans» per a aquest tipus de sòls.

Cal interpretar l'increment tan signi-

ficatiu de l'horitzó 30-60 cm com una sortida del sistema cap a les aigües, en aquest cas; malgrat que encara probablement només ha estat parcial a causa dels processos d'intercanvi catiònic. La magnitud d'aquesta transferència no es pot quantificar amb les dades disponibles.

4. CONCLUSIONS

Les aplicacions reiterades de subproductes ramaders al llarg de més de quinze anys en els sòls calcaris del Pla d'Urgell mostren clars efectes sobre les propietats químiques estudiades.

S'ha produït un cert increment de la matèria orgànica (gairebé 0,5 % als primers 30 cm per al conjunt de les parcel·les) i també del N total, però el sòl ha retingut unes quantitats reduïdes del total aplicat.

Els nivells de nitrats al sòl en les parcel·les on s'apliquen subproductes ramaders són molt importants en tot el perfil, fins al punt que arriben a més de 50 kg/ha de N-NO₃⁻ en els 90-120 cm de fondària. Aquests nivells, conjuntament amb la baixa retenció de N pel sòl, indiquen que és gran la pèrdua de nitrats per rentat i que, per tant, existeix un perill important de contaminació d'aigües subterrànies.

Els continguts de fòsfor Olsen al sòl de les parcel·les on s'apliquen subproductes ramaders són molt elevats (77 mg/kg de 0-30 cm) i s'ha enriquit també l'horitzó de 30-60 cm, cosa que indica una transferència a través del sòl. La interpretació d'aquests valors és cla-

ra des d'un punt de vista agronòmic, mentre que des d'un punt de vista mediambiental, cal buscar l'impacte d'aquests increments en una tendència indesitjable i en els possibles efectes sobre les aigües superficials, aspecte insuficientment conegut.

Malgrat les febleses que comporta la metodologia emprada per estimar la magnitud i taxa de canvi, es pot afirmar que és significativa; això fa palès que caldria disposar d'algun assaig agronòmic a llarg termini per al sistema agrari del Pla d'Urgell, que permetés quantificar de manera molt més acurada l'impacte d'una aplicació sistemàtica i a llarg termini al sòl de subproductes ramaders en dosis elevades.

Per una altra banda és important destacar que les quantitats de C, N i K retingudes al sòl (0-60 cm) en el període de quinze anys, i segons les dades disponibles, no superen el 3,5 %, 20 % i 28 %, respectivament, del total aplicat, dada que dona una primera estimació de la capacitat de «conservació» per part del sòl en aquestes condicions.

BIBLIOGRAFIA

- CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G.; ENTZ, T. (1991). «Waste Management. Soil Chemistry after Eleven Annual Applications of Cattle Feedlot Manure». *J. Environ. Qual.*, 20, p. 475-480.
- DANÉS, R.; BOIXADERA, J.; HERRERO, C. (1994). «Aptitud dels sòls a les aplicacions de purins: Elaboració d'un mapa d'aptitud en base a una cartografia detallada de sòls». Ponència d'agricultura del III Congrés de la ICEA. Girona 6, 7 maig 1994.
- DE HAAN, F. A. M.; ZEE, S. E. A. T. M. VAN DER (1992). «Soil as a waste management system. Restraints imposed by persistent constituents». Lecture notes of a Post-graduate Course in Soil Pollution. Gant.
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (31.12.91). *Directiva del consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura (91/676/CEE)*.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (setembre 1993). *Estadística i Conjuntura Agrària*, núm. 72. DARP Gabinet Tècnic 1993. 86 p.
- FELIPÓ, M. T.; GARAU, M. A. (1987). «La contaminació del sòl. Procés de degradació del medi edàfic i de l'entorn». *Quaderns d'ecologia aplicada*. Diputació de Barcelona. Servei de Medi Ambient. Dep. d'Edafologia. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona.
- FERRER, P. J.; SANZ, J. B.; POMAR, J. (1981). *Agències Comarcals del SEA i Dep. d'Edafologia i Climatologia de ETSEAL*. Full d'informació tècnica. Servei d'Extensió Agrària. Generalitat de Catalunya. DARP. 26 p.
- GROS, A. (1976). *Abonos. Guía práctica de la fertilización*. Madrid: Mundiprensa. 585 p.
- HERRERO, C.; BOIXADERA, J.; DANÉS, R.; VILLAR, J. M. (1993). *Mapa de Sòls de Catalunya 1:25000. Full núm.: 360-1-2 (65-28)*. Bellví: Direcció General de Producció i Indústries Agroalimentàries - DARP. Institut Cartogràfic de Catalunya - DPTOP. 198 p.
- LUCAS, R. E. [et al.]. (1970). A: DONAHUE, R. L. [et al.]. (1977). *Soil Science*

- Soc. of Am. Proc.*, vol. 19, núm. 2, p. 135-139.
- PRATT, P. F. (1979). «Management Restrictions in Soil Application of Manure». *Journal of Animal Science* [University of California], vol. 48, núm.1, p. 134-143.
- TORRES, A. (1995). *Estudi ambiental sobre l'efecte de l'aplicació de purins en les propietats del sòl. Aplicació al Pla d'Urgell*. Lleida: PFC. ETSEA.
- VOORBURG, J. H.; CIAVATTA, C. (1993). *The utilization of animal manure and the protection of the environment. European Conference*. Itàlia: Màntua. 37 p.