



**COOPERATIVA D'IVARS**

Societat Cooperativa Catalana Ltada.

# Evolució de la concentració de nitrats a l'aqüífer de la plana d'Urgell



Universitat Autònoma de Barcelona

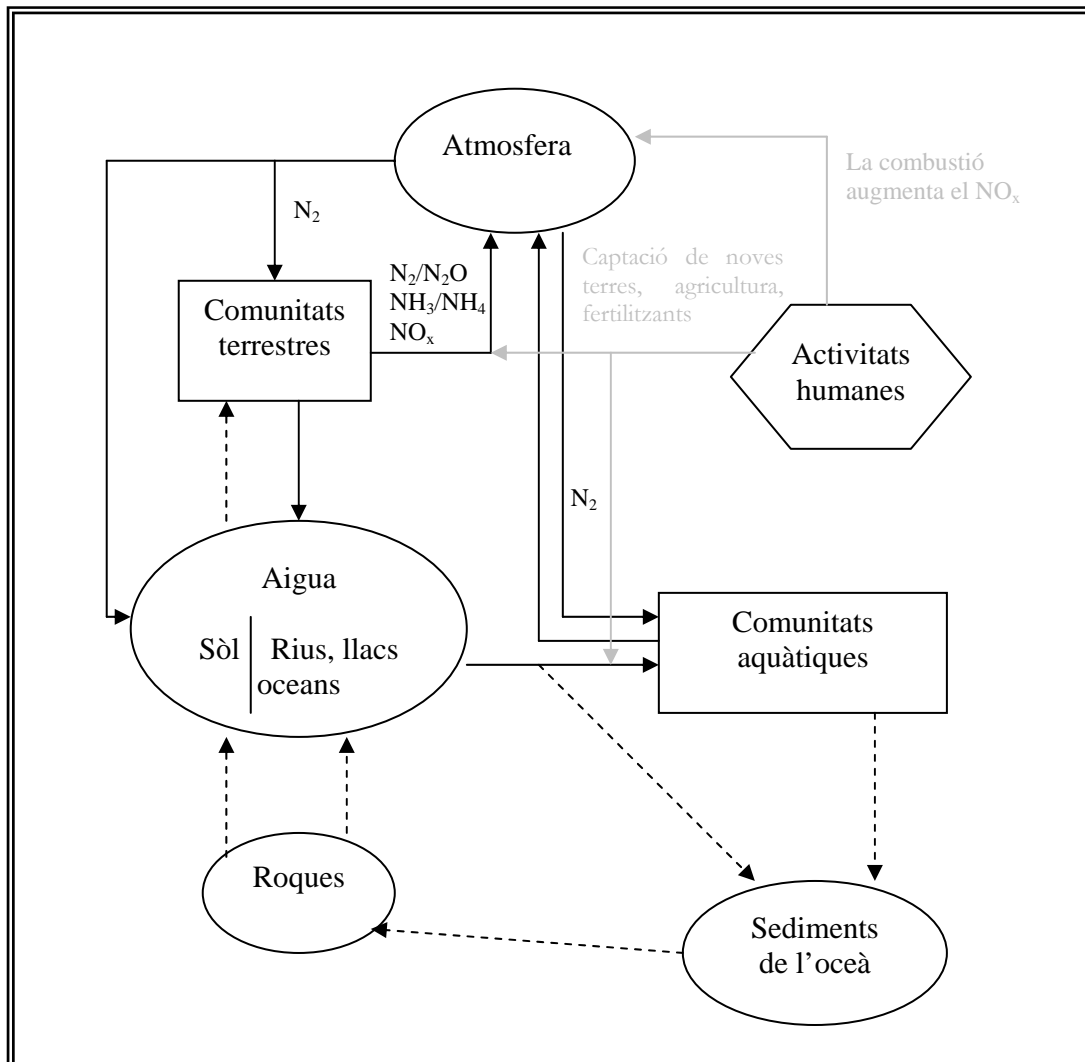


# **1. INTRODUCCIÓ**



## 1.1.- EL CICLE DEL NITROGEN

El nitrogen és un nutrient molt important que pot trobar-se en diferents formes al medi. L'atmosfera és un reservori de nitrogen gasós ( $N_2$ ) que compren el 79% del total dels gasos atmosfèrics. Per a poder ser assimilat per les plantes superiors cal que aquest es combini amb hidrogen o oxigen. El nitrogen pot formar una gran varietat de components en funció dels diferents estats d'oxidació.



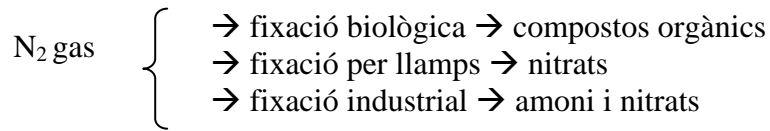
**Figura 1.1.** El cicle del nitrogen. Color negre: Vies de fluxos de nutrients, Color gris: Pertorbacions causades per activitats humanes. Línies discontinues: Compartiments i fluxos no significatius.

L'amoniac i l'ió amoni mantenen un equilibri més o menys desplaçat cap a un dels dos compostos en funció de la temperatura i del pH. Si el pH és àcid ( $<7$ ), els nivells d'amoniac seran molt baixos.

Molts dels canvis d'un estat a un altre són induïts biològicament per microorganismes.

Els mecanismes que es donen són:

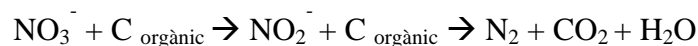
1. **Fixació:** incorporació de nitrogen gasós, inert, a un compost químic útil per a les plantes i animals.



2. **Amonificació:** reacció d'hidròlisi, pas de nitrogen orgànic a ió amoni que es dona en la descomposició d'animals i plantes i matèries fecals.
3. **Síntesi:** Assimilació, mecanisme bioquímic pel qual les plantes sintetitzen proteïnes, requerides al seu entorn per animals, a partir de les formes assimilables de nitrogen (nitrat i amoni)
4. **Nitrificació:** oxidació biològica de l'amoni. La primera reacció és catalitzada per bacteris amonioxidants i el producte final és l'ió nitrit. La reacció immediata la catalitza nitritoxidants i el producte final és l'ió nitrat. Aquest serà usat pel creixement de les plantes o en la següent transformació (desnitrificació).



5. **Desnitrificació:** reacció biològica on es troben implicats diversos bacteris heteròtrofs. Els cal carboni orgànic com a font de carboni.



Els mecanismes 2, 3, 4 i 5 són els principals mecanismes de tractament d'aigües subterrànies contaminades pel control i l'eliminació de nitrogen.

La matèria orgànica del sòl es pot considerar com la reserva de nitrogen per ser el producte final de la descomposició dels residus de plantes i animals.

El nitrogen del sòl pot ser:

- absorbit per les plantes, només en forma de nitrat molt soluble en aigua.
- perdut en sòls permeables per lixiviació.
- perdut per volatilització en sòls pesats en forma de  $\text{NH}_3$  i  $\text{NO}_2^-$ .
- utilitzat per l'activitat microbiana per la desnitrificació en condicions anòxiques.

## 1.2. - PERTORBACIÓ DEL CICLE DEL NITROGEN

Les activitats humanes tenen diversos efectes al llarg del cicle del nitrogen. La desforestació i la captació de noves terres en general duen a terme l'augment substancial de fluxos de nitrats per escorrentia i de les pèrdues d'òxid nítrós cap a l'atmosfera. A més a més, els processos tecnològics originen nitrogen fixat com a resultat secundari de la combustió interna i de la producció de fertilitzants. La producció de fertilitzants nitrogenats té una significació especial degut a què una proporció apreciable del fertilitzant aplicat als camps va a parar als rius i als llacs. Les concentracions de nitrogen augmentades artificialment contribueixen al procés d'eutrofització humana dels llacs.

### 1.2.1.- CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA

Les activitats humanes també afecten a la fase atmosfèrica del cicle del nitrogen. La fertilització de sòls agrícoles comporta un increment de l'escorrentia i també d'un increment de la desnitrificació (Bremmer & Blackmer, 1978) i la utilització de purins en zones de gestió intensiva d'animals allibera quantitats substancials de  $\text{NH}_3$  a la atmosfera (Berden *et al.*, 1993).

La gestió deficient dels purins genera males olors i emissions contaminants a l'atmosfera. El diòxid de carboni i metà contribueixen a l'efecte hivernacle. L'amoníac és responsable de l'acidificació de l'atmosfera quan es combina amb compostos àcids (àcid sulfúric, clorhídric i nítric) formant aerosols de gran poder contaminant i d'àmplia afecció geogràfica. Aquest també és el causant de males olors, que afecten la qualitat de vida de la comunitat.

A través de la nitrificació i desnitrificació es crea òxid nítrós com a subproducte de la reacció quan hi ha una manca d'oxigen. Aquest gas és 206 vegades més efectiu que el  $\text{CO}_2$  a l'hora de provocar l'efecte hivernacle.

Globalment, l'augment en la utilització de fertilitzants per aplicacions agrícoles, probablement, explica la majoria de les emissions antropogèniques d'òxid nítrós (Baird, 2001).

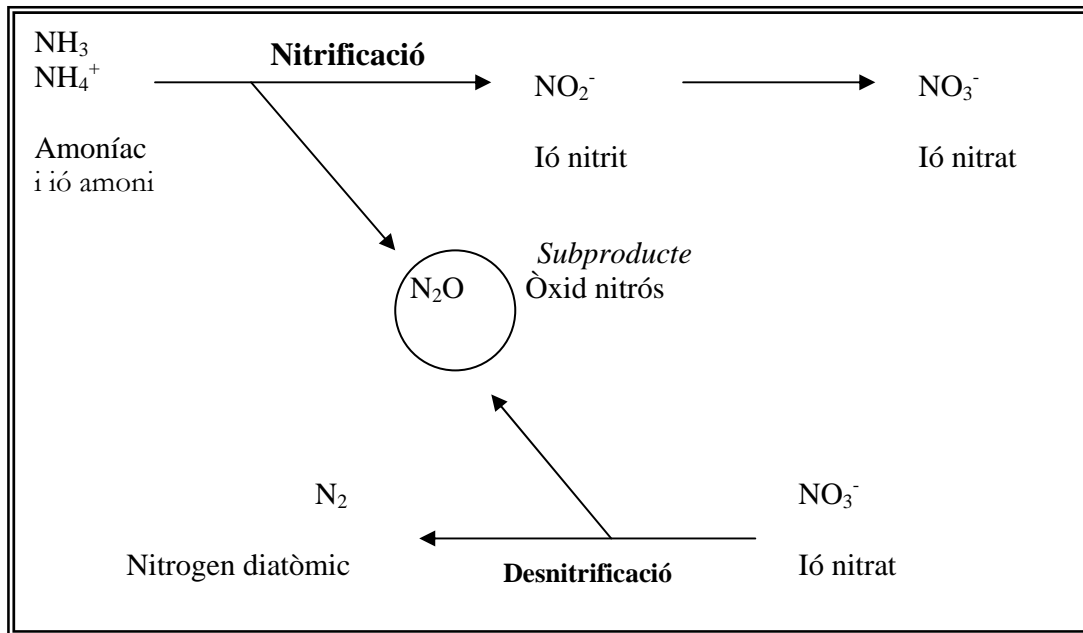


Figura 1.2. Producció d'òxid nítric al llarg del reciclatge biològic de nitrogen

### 1.2.2.- CONTAMINACIÓ DE SÒLS

La concentració de grans quantitats de purins i/o adobs químics nitrogenats en determinades zones geogràfiques pot ocasionar problemes a la capacitat recicladora de nutrients pròpia del sòl, també coneguda com a capacitat purificadora.

El cas dels nitrats és especialment problemàtic a causa de:

- la gran solubilitat del nitrat
- les pèrdues de nitrogen per via atmosfèrica
- la gran producció de residus orgànics, rics en compostos nitrogenats, que s'utilitzen en la fertilització de sòls en producció
- la utilització de criteris poc eficients en els càlculs de les dosis d'adobat.

Les conseqüències d'un sòl contaminat per nitrats sobre les plantes són varies:

- s'allarga el cicle vegetatiu dels cultius
- s'afavoreix l'ajagut
- Indueix al consum de luxe i l'acumulació de teixits
- Disminueix la resistència al fred
- Disminueix la resistència a les malalties
- Redueix el rendiments dels cultius
- Incrementa els costos destinats a tractaments fitosanitaris



A més a més dels problemes dels nitrats, la utilització de purins com a adobs pot comportar altres problemes. Existeixen sòls que no són aptes per a aquestes pràctiques, com en zones inundables o amb el nivell freàtic molt alt. També és perillosa la presència de metalls pesats i els organismes patògens. Es controlen els metalls, hi ha d'haver una concentració màxima en funció del pH i una aportació màxima anual; en el cas dels microorganismes patògens també hi ha limitacions: en el cas de la *Salmonella spp.* hi ha d'haver absència en 50 grams de pes sec i en *Escherichia Coli*, un valor màxim de  $5 \cdot 10^2$  UFC/g.

### **1.2.3.- CONTAMINACIÓ DE L'AIGUA**

#### **a) Superficial**

Els abocaments directes de purins a aigües superficials fan que l'aigua deixi de ser potable de manera immediata, tant per la contaminació bacteriològica com per les altes càrregues orgàniques que porten.

L'acumulació de matèria orgànica dóna lloc a processos reductors que alliberen gas sulfhídric molt perillós per la vida animal, i una gran pèrdua d'oxigen, provocant l'eutrofització.

L'eutrofització és el principal problema que provoca la contaminació per nitrats i fosfats a les aigües, ja que es basa en l'enriquiment de llacs per fòsfor i nitrogen que n'acceleren el seu envelliment i disminueixen la seva concentració d'oxigen. Tant el fòsfor com el nitrogen són nutrients que no abunden en les aigües. La seva presència fa que alguns organismes que veien el seu creixement limitat a causa d'una manca de nutrients, deixin de tenir aquest problema. Proliferen sobtadament unes algues microscòpiques en estacions càlides, això provoca olors i gustos desagradables i l'aigua s'acolorix segons l'espècie d'alga. Un augment de matèria orgànica, de les matèries dissoltes i en suspensió, fan que la transparència sigui menor i que la fotosíntesi només es doni en superfície, on prolifera molt el fitoplàncton. L'escassetat d'oxigen provoca la mort a altres animals aquàtics.

## **b) Subterrània**

Tot i que les aigües subterrànies estan més protegides davant de la contaminació que les aigües superficials, bàsicament degut a la capacitat purificadora dels sòls, quan es produeix la seva contaminació, és molt més difícil de detectar, tornant-se amb freqüència un procés irreversible degut a què el coneixement la degradació de la qualitat de l'aigua té lloc després d'un cert temps i la contaminació ja ha afectat a àmplies zones de l'aqüífer.

Sovint l'adopció de mesures correctores front la contaminació, són molt costoses, són de gran dificultat de recuperació i la seva eficiència no és sempre satisfactòria, estant condicionada, a més a més, per una complexa evolució del contaminant al terreny i la conseqüent dificultat d'establir un diagnòstic de les relacions causa - efecte del procés contaminant.

Els mecanismes pels quals un agent contaminant pot arribar i propagar-se són múltiples, i de vegades molt complexos. La contaminació d'un aquífer des de la superfície del terreny pot ser deguda als residus o als líquids vessats en lleres seques, a l'existència d'abocadors incontrolats o a l'acumulació de substàncies contaminants. No obstant, s'ha de tenir en compte la capacitat depuradora del sòl, en especial en els aquífers detrítics amb porositat intergranular i amb un elevat contingut en minerals d'argila i matèria orgànica a la zona no saturada que poden atenuar o reduir a nivells acceptables el deteriorament de la qualitat de les aigües. La magnitud del problema dependrà de nombrosos factors entre els que destaquen les dimensions de la zona afectada, la quantitat de contaminant implicat, la seva solubilitat, toxicitat i densitat, així com la composició mineral i les característiques hidrològiques del terreny pel qual es mou.

Les aigües subterrànies poden sofrir:

- I. Contaminació directa: el contaminant arriba a la zona saturada sense haver travessat cap altre medi físic. És el cas d'una fosa sèptica.
- II. Contaminació indirecta: el contaminant arriba a la zona saturada després d'haver circulat per la zona no saturada. Aquest és el cas que més ens interessa, ja que és el de la fertilització agrícola.

Els mecanismes de la contaminació d'un aquífer més freqüents són:

1. Mecanismes de propagació des de la superfície:
  - Contaminació d'un aquífer per lixiviats de residus dipositats a la superfície.
  - Contaminació per activitats agrícoles (fertilitzants, pesticides, etc.).
  - Contaminació per flux induït d'aigües superficials contaminades cap a un pou.
2. Mecanismes de propagació des de la zona no saturada
  - Contaminació per aigües residuals domèstiques (foses sèptiques)
  - Contaminació per emmagatzematge superficial de residus (basses de infiltració d'indústries, excavacions naturals o artificials...)
3. Mecanismes de propagació originats a la zona saturada
  - Pous d'injecció (sondeigs utilitzats per a la injecció directa i l'eliminació d'aigües residuals procedents de les activitats mineres...)
  - Progressió de la intrusió marina per l'alteració del règim del flux (avanç de l'aigua salada al disminuir el flux de l'aigua dolça cap al mar)

En funció del tipus de contaminant, es pot diferenciar:

- I. Contaminants conservatius: La seva estructura química es manté al llarg del temps tot i la seva interacció amb els materials del medi. Els nitrats poden ser conservatius sempre i quan les condicions de l'aquífer no variïn.
- II. Contaminants no conservatius: Són aquells que l'estructura química dels quals es modifica a l'interaccionar amb el medi o per autodegradació com és el cas dels contaminants orgànics i biològics.

### **1.3.– FERTILITZANTS: PURINS I ADOBS NITROGENATS**

Les fonts de contaminació de caràcter difús per nitrats als sòls i aigües (superficials i subterrànies) s'associen majoritàriament a activitats agrícoles i ramaderes, tot i que en alguns indrets també pot estar relacionat amb certes activitats industrials, especialment les relacionades amb el sector agrícola. També existeix la contaminació per nitrats de tipus puntual, més fàcil d'identificar ja que es localitzen en zones d'extensió restringida i freqüentment s'associen a abocadors urbans o industrials. Bàsicament les fonts de nitrats és resumeixen en:

Taula 1.1. Fonts de nitrats	
Aport en l'aigua de pluja en formes nitrogenades	
Fenomen de nitrificació	
Activitats agrícoles	Fertilitzants inorgànics i orgànics
	Ús excessiu de purins
	Herbicides i pesticides que contenen nitrats
	Fertilització per fertirrigació
Activitats ramaderes	Emmagatzemament de fems
Activitats industrials i urbanes	Abocaments efluents
	Aigües residuals

Els dos aspectes principals que incideixen en la contaminació per nitrats, esmentats abans, són:

1. La ramaderia genera fems i purins que tenen com a destinació preferent l'ús agrari. L'existència d'excedents en determinades comarques respecte a la capacitat d'assimilació dels conreus i la tendència a aplicar dosis superiors a les recomanables són causes evidents de la contaminació difusa.
2. L'agricultura utilitza fertilitzants nitrogenats que, de vegades, incrementen l'aportació de nitrogen al sòl per sobre de la capacitat d'assimilació dels conreus a què van destinats.

De forma més detallada, els compostos de nitrogen que poden formar part del cicle del nitrogen són:

Taula 1.2. Compostos de nitrogen		
Origen	Compostos	Procedència
Antròpic		Contaminació atmosfèrica (pluja àcida)
		Fertilitzants nitrogenats
		Origen natural: nitrat de Chile
		Origen artificial
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Residus orgànics de concentracions ramaderes establades.
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Llots de depuradores
		Còmpost
	NO <sub>x</sub>	Abocaments d'aigües residuals
Abocaments efluent		Producció fertilitzants
d'activitats industrials		Ceràmiques
Abocaments no controlats (lixiviats)		
Natural	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Origen natural i presentes en l'aigua de pluja
	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrificació
	NO <sub>x</sub>	

El principal problema que afecta a les aigües subterrànies és l'elevada concentració de nitrats procedents majoritàriament de l'ús de fertilitzants, tant químics com orgànics. Aquests poden afectar a les aigües subterrànies de la següent manera:

- ✘ Al proliferar els bacteris del sòl que consumeixen nitrogen disponible augmenten les necessitats de fertilitzants nitrogenats.
- ✘ L'aplicació de dosis excessives de fertilitzants amb un alt contingut amb aigua afecta a les propietats físiques del sòl, fet que ocasiona un increment de la lixiviació de substàncies nitrogenades i un deteriorament de la qualitat de l'humus.
- ✘ L'aplicació d'adobs líquids que continguin nitrogen amoniacal pot afectar directament a la qualitat de les aigües subterrànies.
- ✘ Els microorganismes presents als adobs orgànics naturals poden contaminar les aigües.

### **1.3.1.- ACTIVITATS AGRÍCOLES**

Aquestes últimes dècades el sector agrícola ha experimentat un desenvolupament notable. En zones com Europa, la política agrícola ha potenciat una agricultura intensiva fomentant durant molt de temps l'ús d'aigua, els fertilitzants sintètics d'alt rendiment i el cultiu d'espècies vegetals de ràpid creixement.

Per tant, el desenvolupament de l'agricultura moderna amb l'important augment en la producció i la qualitat dels productes obtinguts ha discorregut amb l'avenç dels adobs sintètics i plaguicides. La incorporació d'aquestes substàncies al medi natural provoca la contaminació i el deteriorament de la qualitat del medi.

L'aplicació de fertilitzants nitrogenats serveix com a suplement necessari per les necessitats de nutrients al creixement de les plantes. L'adobatge proporciona al sòl aquells elements químics que s'han tret durant la collita o per l'efecte de rentat del sòl. L'ús excessiu d'adobs, si es troben al sòl en forma soluble, com és el cas dels nitrats, poden ser arrossegats per infiltració de rec cap a l'aqüífer.

La capacitat contaminant d'una activitat agrícola ve determinada per diversos factors:

- Tipus de fertilitzants utilitzats
- Tipus de plaguicides
- Forma de rec
- Mètode de llaurada
- Característiques del sòl
- Característiques del cultiu
- Clima

L'excedent d'adob pot arribar a ésser de centenars de kg/ha·any, essent les pèrdues per lixiviat particularment elevades en les zones de cultius hortícoles. Les concentracions de nitrats en el plomall contaminant poden arribar a superar els 500 mg/l sota la zona radicular.

Entre les diverses aportacions de compostos nitrogenats, el de major importància amb volum que pot arribar a acumular, i per la amplitud de la seva distribució espacial és l'associat amb la percolació de les aigües de rec, en especial en zones de cultiu intensiu. L'agricultura intensiva de regadiu es caracteritza per l'ús de grans volums d'aigua de

rec i una particular agressivitat en les pràctiques de l'adobatge. La introducció de cultius amb major potencial de collita, amb l'extensió de la superfície cultivada de regadiu i un increment dels preus de mercat d'alguns productes comparat amb els preus dels fertilitzants, ha provocat un apreciable augment a les taxes d'aplicació d'aquests.

A més a més dels problemes associats a les pràctiques de l'adobatge intensiu, cal fer referència a l'eficiència del rec (relació entre l'aigua aplicada i l'aigua consumida), que varia entre 0.6 i 0.8 en termes generals. Si a això hi afegim que el rendiment en la utilització de fertilitzants difícilment supera el 0.5, ja que la meitat no és utilitzat pel cultiu, veiem que és realment important aconseguir una millora en les pràctiques agrícoles vigents.

### **a) Adobs químics nitrogenats**

El nitrogen és el principal dels macroelements en l'adobatge i l'agricultor sempre ha de mirar que l'alimentació nitrogenada de la planta sigui suficient però no excessiva. L'excés de nitrogen comporta molts inconvenients, esmentats anteriorment.

El nitrogen es troba al sòl en forma orgànica i en forma mineral. En forma orgànica es troba formant part de l'humus que conté al voltant d'un 5% de nitrogen. Ja hem comentat que el nitrogen orgànic passa a mineral (ordre del 1 al 2% anual) gràcies als microorganismes del sòl, primer en forma amoniacal que després passa a nítrica.

La forma amoniacal és soluble amb aigua però queda retinguda al sòl pel poder absorbent d'aquest. A la primavera, quan la temperatura augmenta, es transforma ràpidament el nitrogen amoniacal en nítric, raó per la qual, amb temperatures relativament altes es troba poc nitrogen amoniacal al sòl. El nitrogen amoniacal és un estat transitori.

La planta agafa el nitrogen en forma nítrica o amoniacal a través de les arrels, tot i que ho fa millor quan està en forma nítrica, en l'estat de l'ió nitrat. A la primera fase de la seva vida és quan les plantes agafen millor el nitrogen amoniacal, perquè s'utilitza més ràpidament que el nítric. La planta absorbeix nitrogen al llarg de tot el cicle vegetatiu i en determinats casos el consum és més alt. Això succeeix amb els cereals d'hivern, que el major consum coincideix amb les èpoques d'afillat, encanyissat i floració. Als arbres fruiters, aquest consum màxim coincideix amb la floració i la fecundació.

Els principals adobs nitrogenats simples són:

### **L'amoníac anhídric**

És l'adob amb major riquesa de nitrogen, conté un 82%. Com a adob s'utilitza com a gas líquid a alta pressió, i així es conté a pressió en un dipòsit o aplicador.

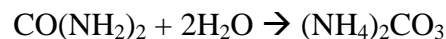
La seva aplicació és perillosa, ja que al produir-se l'expansió baixa molt la temperatura, i només està permesa a les empreses que el subministren i tenen personal especialitzat.

S'injecta a uns 12-15 cm de profunditat difonent-se, al entrar amb contacte amb el sòl queda fixat en forma d'ions  $\text{NH}_4^+$ . Al moment de la injecció, augmenta el pH i hi ha una reducció de la població microbiana, però a mesura que es va nitrificant, el pH torna al seu valor original i els microorganismes, al tenir abundant adob nitrogenat, proliferen i es desenvolupen.

S'utilitza com a adob de fons, abans de la sembra. No es pot aplicar en sòls argilosos amb excés d'humitat. Els terrenys han d'estar molt ben llaurats. Tampoc es pot aplicar en sòls molt lleugers amb poc poder de retenció. Si al sòl hi ha molta matèria orgànica si que es pot aplicar ja que llavors el sòl ja té suficient capacitat fixadora.

### **La urea**

És un compost del grup de les amides  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  i la seva riquesa en nitrogen és del 46%. Se sol presentar de forma perlada. En contacte amb l'aigua, i en presència de una diastasa que segreguen uns bacteris del sòl, la ureasa, es converteix en carbonat amònic.



És per aquesta raó que sempre es considera la urea com un adob amoniacal, ja que es comporta com a tal.

En forma amídica la urea és molt soluble en aigua. Per això, quan s'aplica i plou posteriorment penetra al terreny fins que, al combinar-se amb aigua, es converteix amb carbonat amònic. La velocitat d'aquesta transformació depèn de l'activitat microbiana. En sòls amb una activitat biològica normal la hidròlisi és un fenomen ràpid: tres – quatre dies als sòls amb matèria orgànica; més lenta als sòls pobres d'humus, biològicament poc actius o molt àcids o també en temps fred i sec.



Un cop transformada, el  $\text{NH}_4^+$  queda fixat pels coloids del sòl. La urea té molt poca densitat (0.71 kg/l). Aquest fet i el de ser de gran riquesa fa que sigui un dels adobs més utilitzats quan s'utilitza l'avioneta per la seva distribució. La baixa densitat permet utilitzar menys quantitat per hectàrea amb una distribució més uniforme que altres adobs. La seva alta riquesa permet que la unitat de nitrogen llençada resulti més barata que amb altres nitrogenats.

A ser possible és preferible distribuir l'adob per mitjans terrestres, ja que la distribució per avioneta encareix i a més a més la distribució no és uniforme, per terra s'aconsegueix més uniformitat.

La urea és dels adobs més utilitzats a Espanya. Una de les raons és que el nitrogen resulta comparativament més barat que amb els altres adobs nitrogenats de gran consum.

Quan s'utilitza la urea en cobertera i queda a la superfície perquè no plou, pot haver un despreniment d'amoníac, produint-se així una pèrdua de nitrogen.



Aquest despreniment té certa importància i pot arribar al 20%.

Les noves fabricacions de urea cristal·lina no contenen més que un percentatge petit de biuret, producte tòxic pels vegetals que, al principi, havia ocasionat alguns accidents vegetatius perquè la urea utilitzada contenia una gran proporció d'aquest.

### **Sulfat amònic**

El sulfat amònic ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) és l'adob amoniacal més antic. Es presenta en forma de petits cristalls i conté del 20 al 21% de nitrogen amoniacal. Aquest no s'ha de barrejar amb adobs que continguin cal ja que provoca un despreniment d'amoníac.

El sulfat amònic és un adob acidificant. Això va bé en sòls amb el pH massa alt.

És un adob típicament de fons, tot i que alguns agricultors l'utilitzen també en cobertera, sovint indegudament.

### **Nitrosulfat amònic**

El nitrosulfat amònic és un adob amb el 26% de nitrogen, del qual el 7% és nítric i el 19% amoniacal. També conté un 15% de sofre. És un adob tant de fons com de cobertera.

### **Nitrosulfat amònic càlcic**

El nitrat amònic càlcic s'obté per l'acció de l'àcid nítric sobre l'amoníac. D'aquesta forma s'obté el nitrat amònic ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) amb el 35% de nitrogen, meitat nítric i meitat amoniacal.

Però el nitrat amònic pur no pot utilitzar-se a causa de la seva elevada higroscopicitat, així sol afegir-se matèria inert que és el carbonat de cal.

Segons la proporció de calç que s'afegeixi, el nitrat amònic pot ser de baixa, mitjana o alta graduació. Els de baixa graduació pràcticament no s'utilitzen, ja que els agricultors refusen adobs amb baixes concentracions. Els de mitjana graduació a Espanya es comercialitzen amb el 26% de riquesa, aquest sol tenir un 1/15 del seu pes de calç. El nitrat amònic d'alta graduació és del 33.5% de nitrogen, només té una petita pel·lícula que l'envolta de calç per defensar-lo de la humitat.

El nitrat amònic càlcic té l'avantatge de tenir una acció de xoc del 50% de nitrogen nítric, i una acció lenta també del 50% de nitrogen amoniacal.

### **Solucions nitrogenades**

Les solucions nitrogenades són, generalment, dissolucions en aigua, d'urea i nitrat amònic. Són, doncs, un adob líquid.

Aquestes solucions nitrogenades se solen aplicar a la cobertera. Les més venudes en tot l'estat són les de riquesa de nitrogen del 32% i també la de 41%.

A vegades s'utilitzen les solucions nitrogenades amb aplicació per avioneta.

### **Nitrat sòdic**

El nitrat sòdic ( $\text{NaNO}_3$ ) també s'anomena nitrat de Chile perquè antigament provenia d'aquest país. Fins a la meitat del segle XX era molt usat a Espanya, però avui ha caigut

en desús a causa de l'elevat preu a què surt la unitat de nitrogen. Actualment, és un adob de síntesis.

Conté un 15.5% de nitrogen i el 25% de sodi i a més a més conté petites quantitats de microelements.

El sodi és un element que pot ser perjudicial en determinades terres, sobretot en sòls argilosos.

### **Nitrat de cal**

El nitrat de cal ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), normalment es presenta amb una riquesa del 15.5% de nitrogen. És un producte molt higroscòpic, fet que perjudica la seva conservació, però alhora aquesta característica li proporciona una gran capacitat per la seva absorció, essent l'adob que la planta absorbeix millor i més ràpidament en període de sequera.

Resulta car, com el nitrat sòdic, i això fa que s'utilitzi poc.

### **Cianamida càlcica**

La cianamida de calç ( $\text{CaCN}_2$ ) és un adob pràcticament en desús per les mateixes raons esmentades pel nitrat sòdic i el nitrat de calç,

Subministra calç (60% de  $\text{CaO}$ ) en forma molt activa, per això es recomana per terrenys pesats, argilosos, que no continguin calç.

És d'acció lenta, per això s'ha d'utilitzar de fons i a ser possible, tres o quatre setmanes abans de la sembra. També té acció desinfectant contra cucs del sòl i nemàtodes.

Els adobs esmentats fins ara s'anomenen adobs simples perquè només contenen un sol element fertilitzant. Els compostos són aquells que contenen com a mínim dos dels tres elements fertilitzants: nitrogen, fòsfor i potassi.

Aquests es designen mitjançant una fórmula de dos o tres nombres que expressen la quantitat de cada element contingut en 100 kg d'adob. El primer nombre indica nitrogen, el segon l'àcid fosfòric i el tercer la potassa.

### **1.3.2.- ACTIVITATS RAMADERES**

Antigament, les dejeccions ramaderes s'aplicaven directament als terrenys agrícoles com a fertilitzant, essent aquesta cooperació ramaderia – agricultura beneficiosa per ambdues i també per al medi ambient. Però actualment existeix un fort desequilibri entre aquestes dues activitats, fet que provoca un excedent de residus ramaders i una progressiva contaminació als voltants de les granges de producció intensiva.



**Figura 1.3.** Bassa de purins d'una granja

L'increment de la producció en els sectors porcí, boví i avícola s'ha aconseguit gràcies al desenvolupament de millors races d'animals i a l'alimentació intensiva en àrees d'explotació establada, amb la conseqüent generació de residus orgànics.

Fins fa 60 anys s'utilitzava com a adob els fems amb un alt contingut amb carboni orgànic enlloc dels fertilitzants químics de tipus inorgànic que s'utilitzen actualment. El carboni orgànic és una font d'energia necessària pels bacteris desnitrificadors (l'abast de la desnitrificació augmenta amb la seva disponibilitat).

Des del punt de vista d'impacte ambiental degut a la gestió dels residus ramaders cal destacar la diferència entre els residus produïts per la ramaderia extensiva, d'impacte mig – baix, i que en general, no requereixen d'intervencions de control ja que es valoren com adob agrícola, i la ramaderia intensiva, de molt major impacte i el control de la qual és necessària per evitar problemes ambientals.

Per una altra banda, l'abocament de residus ramaders dóna lloc a emissions de metà, amoníac i diòxid de carboni així com l'aparició de males olors. La contaminació difusa per nitrats és un altre punt important a considerar.

Segons el Decret 109/1998, els residus ramaders es classifiquen en:

- ✧ **Fems:** residus excretats pel bestiar o les mesclades de rebuig i residus excretats per bestiar, inclòs transformats.
- ✧ **Purí:** dejeccions líquides excretades pel bestiar.
- ✧ **Aigua bruta:** Rebuig, amb menys del 3% de matèria seca, generalment format per fems, orina o bé altres productes làctics o de neteja.

Dels residus ramaders esmentats anteriorment el purí és el que té més importància pel que fa a la contaminació dels aquífers. El nitrogen de la proteïna alimentària es troba en el purí en major o menor quantitat depenent de la digestibilitat de les mateixes i el desequilibri entre l'aportació i les necessitats dels animals: el porc excreta del 15 al 20% del nitrogen sòlid ingerit per via fecal i del 40 al 50% per via urinària.

El nitrogen orgànic (que es troba en proteïnes, aminoàcids, urea...) en degradar-se consumeix l'oxigen de l'aigua necessari per la vida aquàtica. L'amoníac dissolt en l'aigua és tòxic, produint mortalitats massives en peixos. Els nitrats procedents de la mineralització del nitrogen orgànic dels purins fan que les aigües deixin de ser potables pel consum humà per la contaminació bacteriològica de la matèria orgànica que incorporen, apareixent triclorometans nocius per la salut.



## **2. SITUACIÓ ACTUAL**





## 2.1- PROBLEMÀTICA

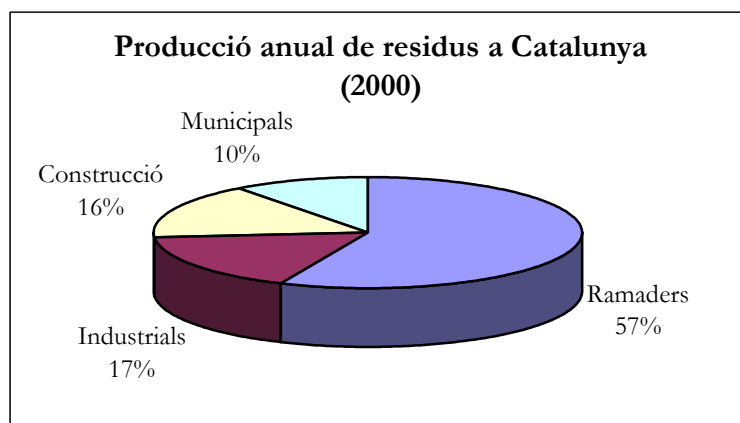
A Espanya, país de gran tradició agrícola i ramadera, les aigües contenen cada cop més alts nivells de nitrats, a causa de l'abús de fertilitzants i de la mala gestió els residus ramaders.

Existeixen àmplies zones de la Península Ibèrica on la contaminació per nitrats està generant situacions de gravetat com és el cas de vàries comarques de Catalunya .

A la Comunitat Valenciana la contaminació per nitrats també constitueix un important problema. Als aquífers de les dos conques principals que reguen aquesta comunitat (Júcar i Segura) la concentració per nitrats procedents dels fertilitzants agrícoles s'ha incrementat notablement, especialment en aquells de major activitat agrícola.

L'origen de les dejeccions ramaderes a Catalunya es troba, bàsicament, en les granges de producció porcina, avícola, vacunes i ovícoles. La causa més important és la del sector porcí, ja que constitueix el pes més important de la ramaderia catalana.

Actualment, es produeixen 10 milions de m<sup>3</sup> de dejeccions líquides (purins porcíns), i uns 9 milions de dejeccions sòlides (fems i gallinasses).



**Figura 2.1.** Distribució de la producció anual de residus a Catalunya.

A nivell català, la producció de residus d'origen ramader supera el 50% de la producció total de residus. Això fa que sigui molt important la seva correcta gestió.

La mala gestió d'aquests residus ramaders i l'ús abusiu d'adobs químics nitrogenats en les àrees agrícoles, ha fet que les concentracions de nitrats d'alguns aquífers hagin augmentat considerablement

Dins del territori català, hi ha una delimitació de zones vulnerables per nitrats segons el decret 283/1998, de 21 d'octubre, com especificarem posteriorment. Amb aquest decret van quedar fixades 6 àrees concretes:

**Àrea 1:** Alt Empordà, Baix Empordà, Pla de l'Estany i Gironès.

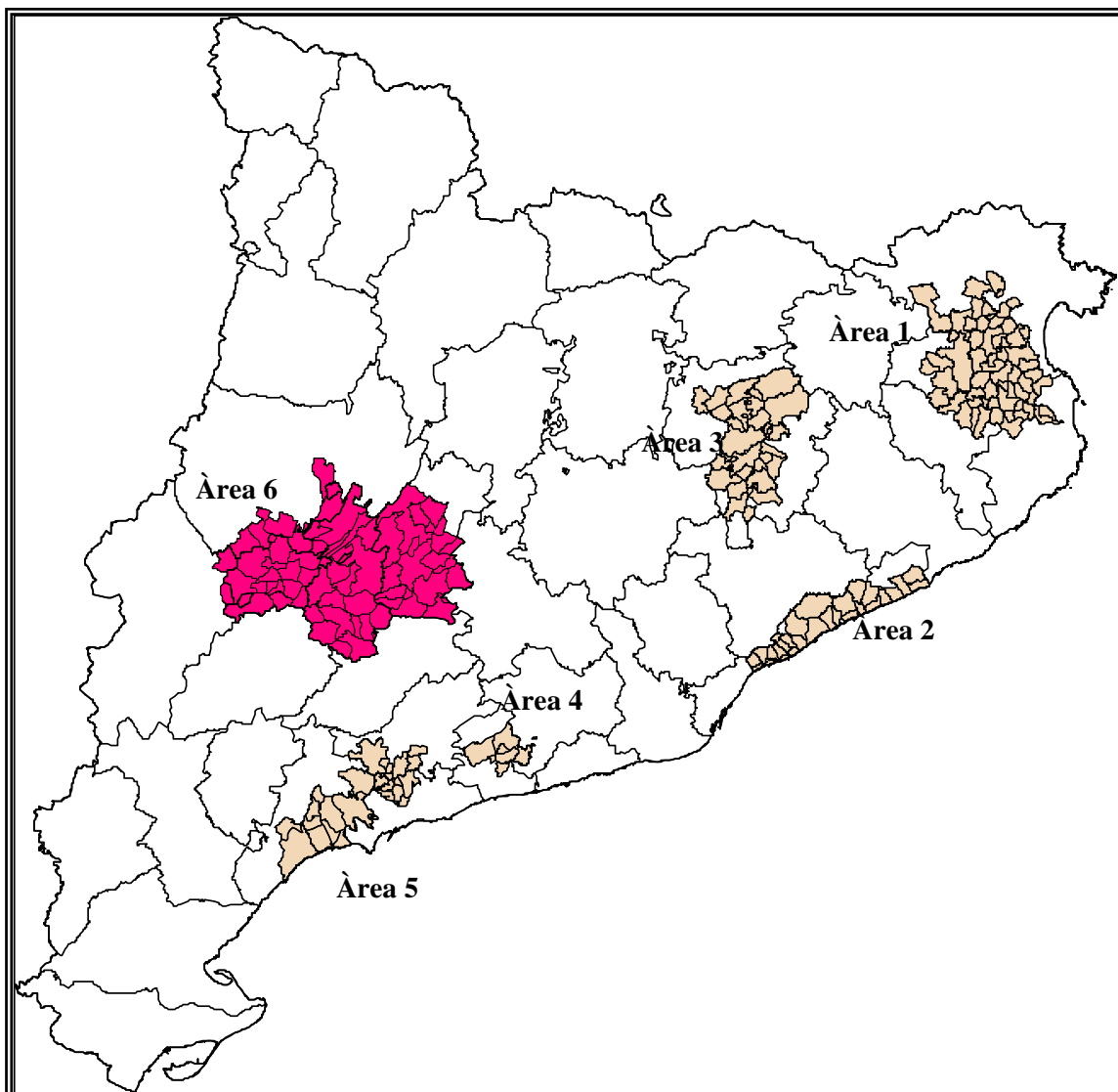
**Àrea 2:** Maresme.

**Àrea 3:** Osona.

**Àrea 4:** Alt Camp, Baix Camp i Tarragonès.

**Àrea 5:** Baix Penedès

**Àrea 6:** Noguera, Segarra, Urgell, Pla d'Urgell i Segrià.

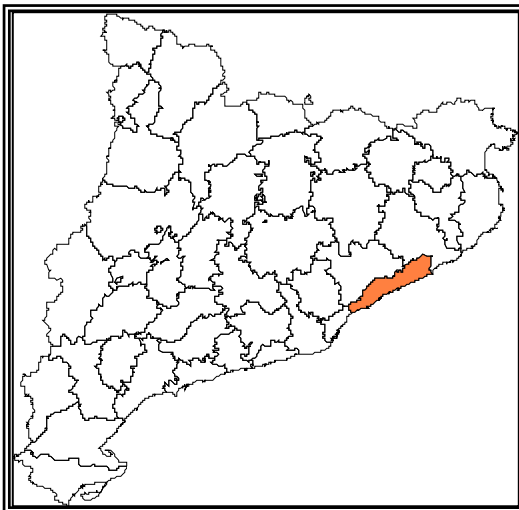


**Figura 2.2.** Mapa de Catalunya amb les zones vulnerables segons el Decret 283/1998, de 21 d'octubre. En color rosat, l'àrea 6, on es centra l'estudi.  
Escala 1/1.500.000

En aquestes àrees de vulnerabilitat per nitrats la causa de la contaminació no és sempre la mateixa. En el cas de l'Àrea 2 la contaminació prové exclusivament de l'agricultura, en canvi l'àrea 3 i l'àrea 6 l'augment de nitrats s'explica a causa de la ramaderia i de l'excedent de purí i fens a la vegada que als adobs químics nitrogenats a causa de l'agricultura intensiva.

### 2.1.1.- CAS DEL MARESME: L'EFECTE DE L'ADOB QUÍMIC

L'evolució de la contaminació de l'aigua de l'aquífer del Baix Maresme ha estat lligada a l'activitat agrària intensiva existent a la zona, i, en menor mesura, al creixement de la demanda de l'aigua a causa del creixement poblacional turístic. Els bombeigs han produït un avanç de la contaminació marina, a més a més de que les pràctiques agrícoles intensives han aportat fertilitzants ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) que en part han empitjorat la qualitat química de les aigües.



**Figura 2.3.** Mapa de Catalunya on es pot veure la comarca del Maresme.

Escala 1/4000000

El Maresme és una de les comarques litorals de la província de Barcelona. En aquesta hi ha importants poblacions com Mataró, Calella de Mar o Malgrat de Mar, que basen el seu desenvolupament econòmic en el turisme i l'agricultura intensiva especialitzada.

El Maresme tradicionalment ha estat una comarca agrícola. Dins dels cultius de regadiu, predomina la flor tallada i la planta ornamental.

El rec es realitza gairebé exclusivament amb aigua subterrània. Aquesta activitat agrària ha condicionat l'evolució de la qualitat de l'aigua de l'aquífer. Els bombeigs han afavorit l'avanç de la intrusió marina.

Les formacions aquíferes formades per dipòsits del quaternari, estan limitades per roques plutòniques que constitueixen els relleus circumdants i el sòcol impermeable.

Aquest doncs, és un aqüífer aïllat, excepte per una certa comunicació amb el Delta del Besòs, a través de la llacuna litoral.

Per una recàrrega màxima d'uns 41 hm<sup>3</sup>/any, s'exploten, de mitjana anual, uns 29 hm<sup>3</sup> (Murillo et al, 1993). Existeix un important retorn de rec, al voltant del 25-30% de gran incidència sobre l'evolució química de l'aigua subterrània.

Els descens a més de les causes naturals com l'estiatge, son deguts al gran bombeig per us agrari i d'abastament. Així, a més del descens al període sec (juny - setembre), s'observen descensos en març - abril i gener - febrer, degut a aquest segon motiu.

Quant a la caracterització hidroquímica de l'aigua, destaca l'alt contingut en nitrats (entre 31 i 587 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) atribuïble a les pràctiques agrícoles. L'àrea de major concentració correspon a la plana est del Maresme, on hi ha una major explotació d'aigües subterrànies.

### **2.1.2.- SALUT AMBIENTAL**

Tot i que els nitrats són un producte normal del metabolisme humà, l'aigua amb altes concentracions representa un risc per la salut, especialment per als nens. Si es beu aigua amb elevades concentracions l'acció de determinats microorganismes de l'estómac pot transformar els nitrats en nitrits, que al ser a la sang transformen l'hemoglobina en metahemoglobina. Aquesta es caracteritza per inhibir l'oxigen de la sang. Tot i que la formació de metahemoglobina és un procés reversible, si que pot arribar a ocasionar la mort, especialment en nens ("síndrome del nen blau"). Però els nitrats també poden formar nitrosamides, compostos que poden ser cancerígens.

L'Organització Mundial de la Salut (OMS) fixa el límit pel nitrat en l'aigua de consum humà en 50 mg/l de nitrat. En canvi, l'Agència per a la protecció del Medi Ambient Nortamericana (EPA) situa aquest límit en 10 mg/l de nitrat. Per la seva banda, la Comunitat Europea i seguint amb les seves directrius, el Ministeri de Sanitat espanyol, fixa els nivells màxims permesos de nitrats en 50 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Directiva 91/676/CEE).

## 2.2.- MARC LEGAL A CATALUNYA

La Directiva del Consell, 91/676/CEE, de 12 de desembre, relativa a la *Protecció d'aigües contra la contaminació produïda per nitrats d'origen agrari*, té com a objectiu reduir i prevenir la contaminació de fonts agrícoles, per protegir la salut humana, els recursos vius, els ecosistemes aquàtics i salvaguardar altres usos legítims de les aigües.

Aquesta directiva obliga als estats membres a:

- Identificar les aigües afectades de contaminació per nitrats d'origen agropecuari i les que són susceptibles de ser afectades.
- Designar com a zones vulnerables totes les superfícies en les que la escorrentia flueix cap a les aigües, contribuint a la contaminació.
- Elaborar codis de bones conductes agràries
- Establir programes d'acció específica per a zones vulnerables coordinats amb tècniques agràries, amb la finalitat d'eliminar o de minimitzar els efectes dels nitrats sobre les aigües.

Mitjançant el Real Decret 261/1996, de 16 de febrer, es va incorporar a l'ordenament jurídic espanyol la Directiva europea. Aquesta norma atribueix a les comunitats autònomes les competències per al compliment de la Directiva.

A Catalunya hi ha la designació de zones vulnerables mitjançant el Decret 283/1998, de 21 d'octubre tal i com ha estat detallat

La designació de zones vulnerables tenen un període mínim de revisió cada 4 anys. Actualment, s'està preparant un nou Decret que revisi les zones vulnerables, de manera que quedin delimitades amb més precisió les àrees de protecció dels aqüífers.

Les zones vulnerables són àrees de risc de contaminació per nitrats, és a dir, no tots els municipis inclosos presenten actualment una superació dels límits tecnicosanitaris, però es considera necessari d'actuar-hi preventivament.

L'Ordre de 22 d'octubre de 1998 estableix el Codi de Bones Pràctiques Agrícoles en relació al nitrogen. Aquest és d'obligat compliment a les zones designades com a vulnerables i recomanat per a les altres. Aquest codi essencialment estableix:

- Recomanacions per a la gestió adequada de la fertilització nitrogenada.
- Classifica els fertilitzants en tres tipus:
  - Tipus I: Cas fems
  - Tipus II: Cas purins.
  - Tipus III: Minerals.
- Defineix uns períodes en els que no es poden aplicar fertilitzants nitrogenats, el procediment per l'aplicació (dosis que cal aplicar) i la fertilització en les zones de regadiu.
- Limitació de les parcel·les (forta pendent, inundables, entollades, corrents d'aigua).
- Relació de les espècies amb els quilos de nitrogen generats per plaça per a totes les espècies.

El programa de Mesures Agronòmiques aplicables a zones vulnerables, establert pel Decret 205/2000, de 13 de juny, estableix les dosis màximes d'aplicació de nitrogen (orgànic i mineral) i les èpoques d'aplicació, per a cada zona vulnerable i per a cadascun dels cultius, en kg N/ha.

Al final d'aquest programa es preveu l'aplicació d'una quantitat màxima de nitrogen procedent dels fems i altres materials orgànics equivalent a 210 Kg N/ha i any.

Aquest Programa es promogut pels Departaments d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, de Medi Ambient i el de Sanitat i Seguretat Social. Té una vigència de 4 anys.

El Decret 220/2001, d'1 d'agost, de gestió de les dejeccions ramaderes, fou proposat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca i del Departament de Medi Ambient.

En aquest, es reglamenten mesures de control en la gestió de les dejeccions ramaderes i dels fertilitzants nitrogenats minerals. Aquestes mesures s'instrumentalitzen mitjançant els preceptius plans de gestió i llibres de gestió de les dejeccions ramaderes i els plans de fertilització i llibres de fertilització per a l'aplicació de nitrogen.

### **2.2.1.- SITUACIÓ NORMATIVA**

Existeixen les eines que permeten al sector planificar i implementar les mesures de gestió de les dejeccions ramaderes de manera que el desenvolupament sigui compatible amb el respecte pel medi ambient.

Fa falta un consens entre l'administració i el sector per dur a terme accions eficaces per fonamentar la prevenció, les bones practiques agrícoles i el tractament d'excedents.

### **Protocol de gestió de les dejeccions ramaderes**

Formalitzat el 17 de juliol de 2002, vol assumir els següents compromisos:

- 1- Promoure la prevenció de la generació de les dejeccions ramaderes
- 2- Promoure, com a línia principal d'actuació , la correcta gestió de les dejeccions ramaderes.
- 3- Facilitar l'abandonament voluntari i definitiu d'aquelles explotacions porcines que no puguin portar a terme el desenvolupament sostenible que requereix l'activitat a les zones vulnerables.

Quant a la prevenció, hi ha el *Conveni per a la reducció del contingut de nitrogen als purins mitjançant l'alimentació* de 30 de juliol de 2002. Aquest conveni te com a objectiu establir els criteris per a validar sistemes d'alimentació que permetin reduir la concentració de nitrogen en les dejeccions.

La reducció del nitrogen dels purins pot aconseguir-se, en part, a través d'un règim alimentari adequat, basat en:

- La moderació de la quantitat de proteïna bruta del pinso
- Un ajust de l'alimentació en funció de l'estat de creixement de l'animal.

S'estima una reducció possible de la quantitat de nitrogen de les dejeccions ramaderes de l'ordre del 5-10%.

Els plans de gestió proporcionen ajudes per l'assessorament tècnic per a la correcta gestió i control de les dejeccions ramaderes.

Es prioritza l'aplicació agrícola, la fertilització és la línia prioritària de gestió de les dejeccions ramaderes. L'aplicació en zones vulnerables ha de complir les dosis agronòmiques establertes. Al juny del 2004 s'haurà de complir el màxim de 210 Kg N/ha per a fertilitzants orgànics. Les ajudes aniran encaminades a facilitar l'aplicació agrícola (ex: basses de regulació individuals o col·lectives). També es pretén fomentar l'ús de fems i purí com a fertilitzant.

Pel que fa al tractament d'excedents, hi ha diversos processos aplicables: l'emmagatzematge (individual o col·lectiu), tractament del sòlid (per trasllat o aplicació) i tractament líquid (amb diferents qualitats resultants).

Quant a l'abandonament voluntari, l'objectiu és facilitar l'abandonament voluntari i definitiu d'aquelles explotacions porcínes que no puguin arribar al desenvolupament sostenible que requereix l'activitat en zones vulnerables. S'està treballant, conjuntament amb el Departament d'Economia i Finances per obtenir la corresponent autorització de la Comissió per l'establiment de les ajudes.

### **Gestió de recursos hídrics**

L'Agència Catalana de l'aigua ha elaborat i aplica el Programa de mesures de gestió dels recursos hídrics a les zones vulnerables per nitrats.

Aquest programa determina per a cada zona vulnerable:

- ⇒ L'anàlisi de les alternatives de proveïment per als municipis afectats per la contaminació per nitrats. En cada cas, es determina quina és l'opció escollida.
- ⇒ La delimitació dels perímetres de protecció de les captacions d'aigües subterrànies atenent a criteris sanitaris i a criteris hidrogeològics.
- ⇒ La cartografia hidrogeològica i de vulnerabilitat dels aquífers afectats i el seguiment de la seva qualitat amb un programa de mostreig específic. Aquesta informació serà l'eina bàsica per a conèixer el cicle de l'aigua a la zona i justificar les decisions a adoptar.



### **3. ZONA D'ESTUDI**



L'estudi està bàsicament centrat en les comarques de l'Urgell i el Pla d'Urgell, tot i que també s'inclou una part de Les Garrigues.

Ambdues comarques són interiors i estan situades al sector oriental de la Depressió Central Catalana i estan regades pel canal d'Urgell, inaugurat el 1852 i amb el centre administratiu a Mollerussa. La part de Les Garrigues que entra dins de la zona d'estudi és molt petita i és la part de regadiu, per tant, d'igual característiques que el Pla d'Urgell i la part de regada de l'Urgell.

### **3.1.- MEDI FÍSIC**

L'Urgell té una superfície de 586.2 Km<sup>2</sup> i la capital de comarca és Tàrraga. El territori de la comarca forma part de quatre unitats de relleu ben diferenciades: el pla d'Urgell, la ribera de Sió, la conca de l'Ondara i la vall del Corb. La plana d'Urgell s'estén pel centre de la comarca i té una lleugera inclinació d'Est a Nord. Al llevant comencen suaument les costes que a migjorn del riu Corb es drecen amb l'anomenada serra del Tallat (Tossal Gros, 803m). La conca de l'Ondara és formada per relleus enlairats i encaixats per torrents del sector llevantí de l'Urgell i de la Segarra. La plana és tancada al nord per les serres de Montclar i d'Almenara; entre aquestes dues serres s'estén la vall del Sió, d'uns 10 km d'amplada i que continua per les terres de la Noguera.

La comarca del Pla d'Urgell, té una superfície de 304.5 km<sup>2</sup> i la capital comarcal és Mollerussa. Aquesta comarca es troba a l'est de la plana lleidatana, a llevant del Segre, que en constitueix el límit oest. L'escàs pendent de la zona a excepció d'una petita àrea entre els termes de Torregrossa i Miralcamp, ha comportat cert endorreisme. La vegetació potencial, molt modificada, és de tipus mediterrani amb domini de la carrasca. Els principals cursos naturals d'aigua són el riu d'Ondara i el riu Corb.



**Figura 3.1.** Situació de l'àrea d'estudi dins l'àmbit de Catalunya

El clima és mediterrani de tendència continental. A l'estiu es sobrepassen els 30° i a l'hivern es baixa per sota dels 0° i sovint la boira hi és present durant dies. La pluviositat és irregular, amb una mitjana anual de 400 mm.

La distribució mensual de les pluges posa de manifest que quasi el 60% es concentren en les estacions equinoccials, amb un màxim durant la tardor. Al entrar a l'hivern es produeix una certa estabilitat en el nivell de precipitacions.

El risc de gelades comprèn un període de temps que, normalment, va des de mitjans de novembre fins a finals de març. Al mes de maig es produeix un augment tèrmic a tota la conca del Segre.

En aquesta zona, des del punt de vista de les precipitacions, hi ha dèficit en el balanç hídric, ja que hi ha una forta evapotranspiració anual que s'accentua durant els mesos d'estiu i les precipitacions són molt minses. Però amb l'aparició el Canal d'Urgell això no és ben bé així.

Taula 3.1. Resum meteorològic de l'estació de Tàrrrega (Urgell)		
Resum any 2002	Precipitació total acumulada:	352,2 mm
	Temperatura mitjana:	14,3°C
	Mitjana de les temperatures màximes:	19,7°C
	Mitjana de les temperatures mínimes:	9,5°C
	Temperatura màxima absoluta:	36,6°C ( 20/07/02 )
	Temperatura mínima absoluta:	-4,5°C ( 21/01/02 )
	Velocitat mitjana del vent:	3,9 m/s
	Direcció dominant:	SW
	Humitat relativa mitjana:	70%
	Irradiació global mitjana diària:	15,7 MJ/m2

Font: Servei Meteorològic de Catalunya

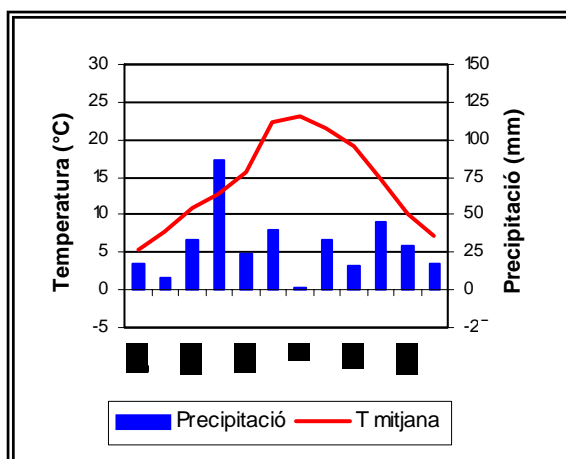


Figura 3.2a: Gràfic de precipitacions a Tàrrrega 2002

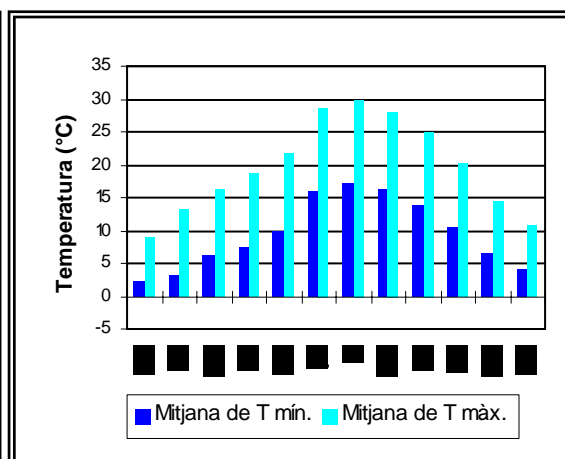


Figura 3.2b: Gràfic de temperatures mitjanes màximes i mínimes mensuals a Tàrrrega 2002

Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Taula 3.2. Resum meteorològic de l'estació de Golmés (Pla d'Urgell)		
Resum any 2002	Precipitació total acumulada:	322,6 mm
	Temperatura mitjana:	13,9°C
	Mitjana de les temperatures màximes:	20,4°C
	Mitjana de les temperatures mínimes:	7,8°C
	Temperatura màxima absoluta:	37,4°C ( 22/07/02 )
	Temperatura mínima absoluta:	-3,5°C ( 17/01/02 )
	Velocitat mitjana del vent:	1,4 m/s
	Direcció dominant:	
	Humitat relativa mitjana:	70%
	Irradiació global mitjana diària:	15,7 MJ/m2

Font: Servei Meteorològic de Catalunya

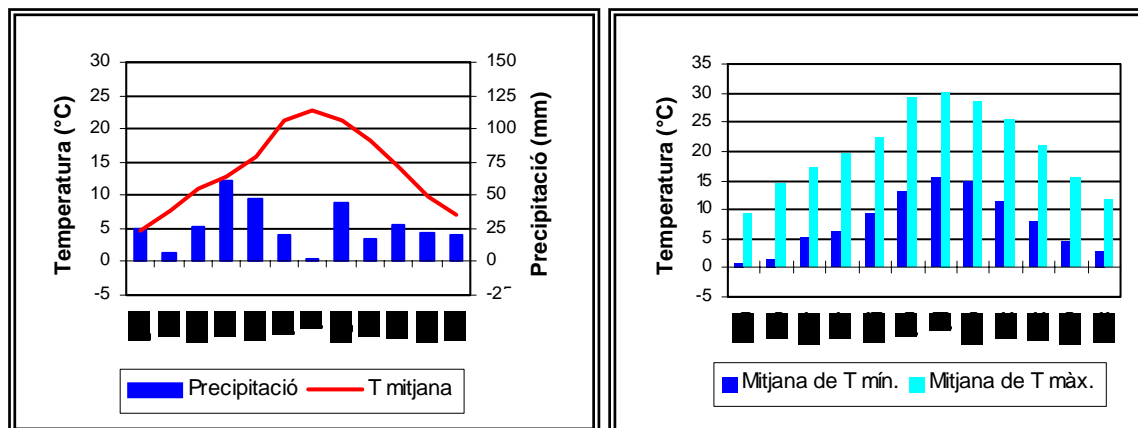


Figura 3.3a: Gràfic de precipitacions a Golmés 2002

Figura 3.3b: Gràfic de temperatures mitjanes màximes i mínimes mensuals a Golmés 2002

Font: Servei Meteorològic de Catalunya

### 3.2.- MEDI GEOLÒGIC

La zona d'estudi es situa al mig de la plana d'Urgell, en la Depressió Central Catalana i està limitada pels relleus de la Segarra i les Garrigues a l'est i al sud, respectivament, per les Serres Marginals al nord, i per la vall del Segre i la plana de Lleida, a l'oest. Morfològicament, constitueix la zona oriental del Pla de Lleida i presenta un lleuger pendent en sentit oest, la qual cosa defineix el drenatge superficial en direcció al riu Segre.

El substrat de la zona d'estudi està constituït per materials d'edat Oligocena (Terciari, Paleogen superior) amb les següents litologies (ICC, Mapa Geològic de Catalunya E 1:250 000, 1989):

- Les lutites, gresos, margues calcàries i calcàries, de característiques lacustres, donen lloc a intercalacions d'estrats de mida mètrica, aflorant al sector oriental de la zona (Tàrraga, Cervera, Maldà). Localment poden presentar nivells de guixos, com ara en el límit nord de la conca (Serra de Bellmunt entre Balaguer i Agramunt). Cal destacar la formació de les calcàries de Tàrraga que presenten un gruix de 300-400 m, i pel damunt,
- Els gresos i lutites, de caràcter continental, aflorant o subaflorant a la major part de la plana d'Urgell, en el sector comprès entre Balaguer, Tàrraga i les Borges Blanques, i estenent-se de forma contínua cap a l'oest.

Cap d'aquest materials presenta estructures tectòniques significants a la zona d'estudi, amb l'excepció de les deformacions diapíriques a la Serra de Bellmunt, sense que això sigui rellevant en el context hidrogeològic d'aquest estudi.

Tanmateix, el rebliment quaternari de la plana d'Urgell presenta dipòsits rellevants com ara els cons al·luvials pleistocènics generats pels rius Corb i Ondara. Aquests cons, formats per acumulacions no consolidades de graves (bàsicament calcàries) i sorres, amb nivells de llim i argila, presenten potències decamètriques (uns 15 m a la zona proximal, uns 10 m a la zona central i disminueix en direcció oest). Aquests cons s'originen als relleus que limiten la depressió Central al sud-est de la zona d'estudi i es desenvolupen en direcció al Segre. Els seus materials afloren clarament a les proximitats de Bellpuig i poden observar-se a les extraccions de graves de Bellpuig i Castellnou de Seana, on constitueixen els materials de la plana d'Urgell.

També cal destacar els materials al·luvials més recents que s'han sedimentat en el fons de les valls excavades per la xarxa de drenatge en els materials oligocènics i pleistocènics. Constitueixen dipòsits de poc gruix (inferior a 10 m) i estan formats per graves, sorres, llims i argiles, indistintament.

Finalment, els materials col·luvials que recobreixen els vessants actuals tenen una menor rellevància, atès l'escàs gruix que presenten (2-3 m) i la seva limitada extensió superficial.

### **3.3- HIDROGEOLOGIA**

L'estudi comprèn la zona de la plana d'Urgell en la qual s'hi troben representades les següents àrees hidrogeològiques (ICC, Mapa d'àrees hidrogeològiques de Catalunya, E 1:250 000, 1992):

- Àrea de l'Oligocè detrític de Lleida, constituïda per els materials oligocènics i quaternaris descrits anteriorment, comprèn tota la plana de l'Urgell, a l'oest de Tàrraga i al nord de les Borges Blanques, i
- Àrea de l'Oligocè lacustre de la Segarra, constituïda per les calcàries lacustres de Tàrraga esmentades i per materials quaternaris al·luvials. Aquesta àrea se situa a l'est

de Tàrrega i al sud de les Borges Blanques, ocupant només el límit oriental de la zona d'estudi.

En relació a les captacions inventariades en aquest estudi, la totalitat dels punts mostrejats se situen en els materials quaternaris, ja sigui en els dipòsits de cons al·luvials pleistocènics o en els dipòsits al·luvials de fons vall més recents. Excepcionalment, algunes captacions al límit oriental i meridional de la zona, est de Bellpuig i voltant de Belianes i Maldà, poden ubicar-se en el tram superior dels materials oligocènics.

Des de la perspectiva hidrogeològica, els materials oligocènics presenten un rendiment baix, atesa la baixa permeabilitat dels materials que el constitueixen i a la natura multicapa del conjunt sedimentari. Localment, les calcàries lacustres de Tàrrega han constituït l'abastament municipal de les poblacions de la zona (Guissona, Cervera), la qual cosa ha provocat una sobreexplotació dels recursos i un empitjorament de la seva qualitat per mescla amb aigua procedent de les formacions evaporítiques (guixos) subjacents. Presenta uns recursos de 2 hm<sup>3</sup>/any i unes reserves de 12 hm<sup>3</sup> (Pascual i Bayó, 1991). No obstant, aquest aquífer no influeix directament en la hidrogeologia de la plana de l'Urgell.

La principal formació hidrogeològica la constitueixen els materials dels cons al·luvials pleistocènics. La seva natura sedimentària no consolidada els confereix una porositat i una permeabilitat considerables. Similarment, els dipòsits al·luvials de fons de vall presenten unes característiques similars. Ambdós constitueixen els principals aquífers de la zona, de caràcter lliure, i limitats per l'extensió aflorant i pels guixos anteriorment indicats.

La hidrogeologia de la plana de l'Urgell està intensament influenciada per les aportacions del canal d'Urgell. Amb anterioritat a l'existència del canal, els recursos subterranis estaven limitats a la recàrrega per precipitació i a la infiltració procedent de les aportacions superficials dels principals cursos d'aigua: l'Ondara i el Corb. Com s'ha mostrat en l'apartat meteorològic, la recàrrega per precipitació és escassa i de caràcter marcadament estacional. Similarment, les aportacions superficials es limiten a les estacions humides i, malgrat el caràcter torrencial d'aquests cursos, els volums d'aigua aportats són limitats.



La creació del canal d'Urgell i la transformació dels terrenys en regadiu ha suposat un increment de les aportacions hídriques als aqüífers locals, resultant en un augment del nivell freàtic i en un increment de les reserves d'aigua subterrània disponibles procedents dels excedents de reg. Segons el Pla Hidrològic de la Conca de l'Ebre, el canal d'Urgell abasta una superfície de regadiu de 51.500 ha amb unes aportacions de 426,68 hm<sup>3</sup>/any.

Els estudis piezomètrics mostren una direcció general del flux de SE a NO i el gruix de la zona saturada oscil·la entre 2 i 6m a l'estiu i 10m a l'hivern. Els recursos s'estimen en uns 80 hm<sup>3</sup>/any, amb un 43% procedents dels excedents dels regadius (Costa et al., 1993).

La demanda d'aigua respon a les necessitats municipals i agrícoles (unes 72.000 ha), satisfetes amb les aportacions del canal d'Urgell i amb les extraccions d'aigua subterrània a l'estiu per paliar els dèficits del canal. Les extraccions s'avaluen en 9.5 hm<sup>3</sup>/any, xifra que suposa un 15% de l'aigua emprada per a reg.

### **3.3.1.-APROXIMACIÓ AL CÀLCUL DEL DÈFICIT HÍDRIC A LA PLANA D'URGELL**

Amb la finalitat d'aproximar el dèficit hídric a la zona d'estudi, s'ha avaluat l'evapotranspiració potencial en base a les dades mitjanes de temperatura dels observatoris de Castellnou de Seana (Pla d'Urgell) i Tàrrega (Urgell), segons dades de l'IDESCAT (2001, [www.idescat.es](http://www.idescat.es)). S'entén que l'evapotranspiració potencial representa el total d'aigua que retornaria a l'atmosfera pels processos de evaporació i transpiració vegetal assumint una cobertura vegetal homogènia i una disponibilitat d'aigua il·limitada.

Tanmateix, s'ha calculat la diferència mensual entre la precipitació (P) i la evapotranspiració potencial (ETP, segons el mètode de Thornthwaite). El valor resultant (P-ETP) constitueix la precipitació efectiva, és a dir, el volum d'aigua disponible per a generar infiltració o escorriment superficial si  $P-ETP > 0$ , o al dèficit hídric, si  $P-ETP < 0$ . En el cas del pla d'Urgell, podem assumir que la diferència  $P-ETP > 0$  correspondrà a la infiltració a l'aqüífer.

Els resultats es mostren a la taula 3.3 i figures 3.4 i 3.5.

Taula 3.3. Dades de precipitació , evapotranspiració i càlcul de l'escorrentia o del déficit hídric corresponent a cada mes de l'any 2003.								
Castellnou				Tàrrrega				
	T	ETP	P	P-ETP	T	ETP	P	P-ETP
	°C	mm	mm	mm	°C	mm	mm	mm
gener	6.8	14.5	12.8	-1.7	6.8	13.9	18.0	4.1
febrer	6.0	13.4	6.4	-7.0	6.3	13.8	14.2	0.4
març	13.0	46.7	15.8	-30.9	12.5	43.1	23.8	-19.3
abril	13.6	55.5	43.2	-12.3	12.6	48.5	35.2	-13.3
maig	17.4	87.1	29.6	-57.5	17.2	84.5	34.0	-50.5
juny	22.6	133.4	8.0	-125.4	23.2	138.0	7.0	-131.0
juliol	22.9	133.8	38.0	-95.8	23.6	139.4	52.4	-87.0
agost	24.0	134.1	12.6	-121.5	25.1	143.0	2.2	-140.8
setembre	17.9	78.7	29.2	-49.5	18.5	81.7	31.4	-50.3
octubre	16.8	64.1	22.6	-41.5	17.6	67.8	37.0	-30.8
novembre	6.5	14.1	52.6	38.5	6.9	14.8	51.4	36.6
desembre	0.1	0.0	12.6	12.6	0.9	0.6	18.0	17.4
Mitjana T	14.0				14.3			
Totals anuals		775.4	283.4	-492.0		789.1	324.6	-464.5

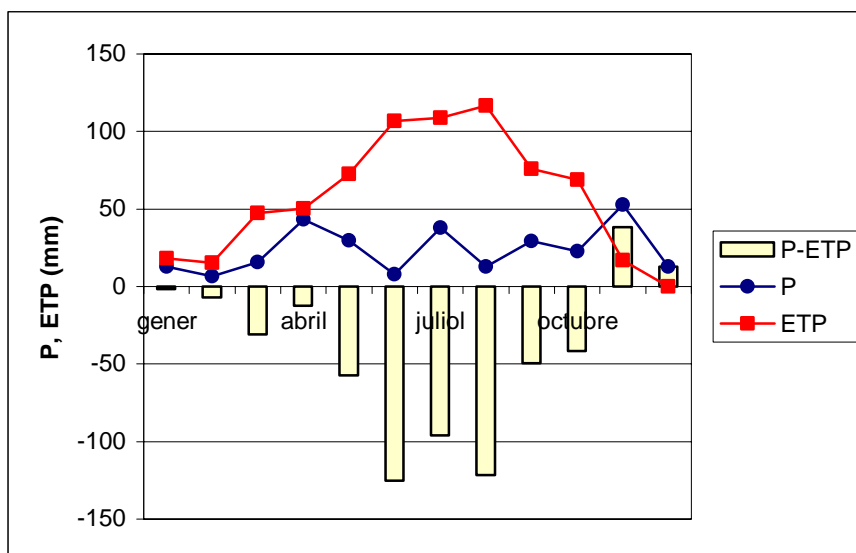
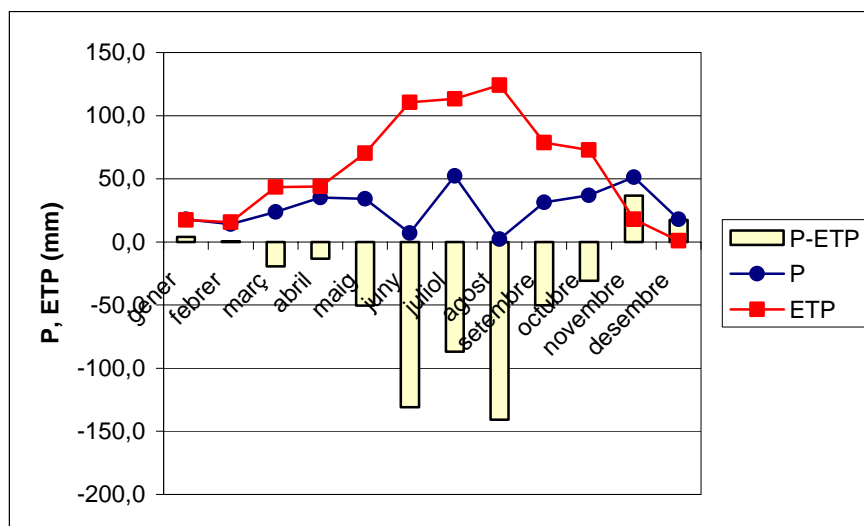


Figura 3.4.- Dades meteorològiques mensuals a Castellnou de Seana 2003.

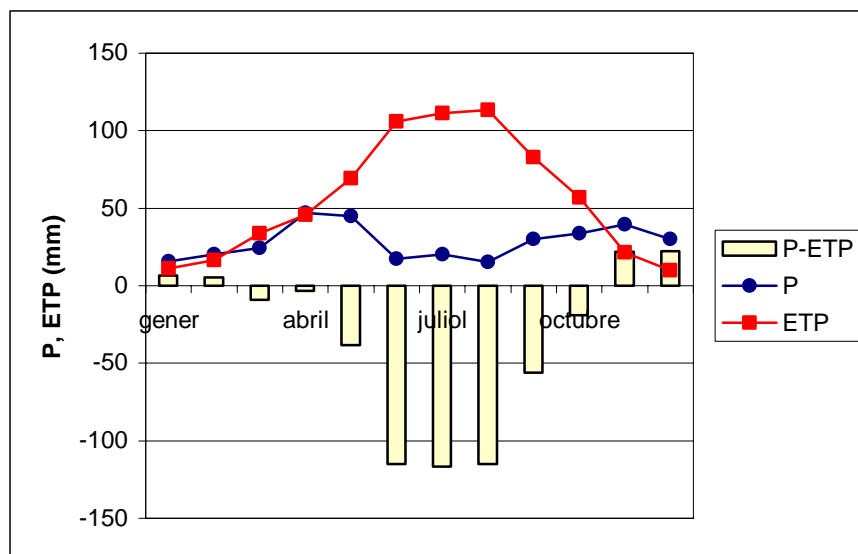


**Figura 3.5.-** Dades meteorològiques mensuals a Tàrraga 2003.

Com és raonable, ambdós observatoris meteorològics presenten resultats similars, mostrant una recàrrega limitada als mesos d'hivern i un fort dèficit hídric durant la resta de l'any, especialment des de maig a octubre. A nivell anual, el dèficit hídric és 492 i 465 mm a Castellnou i Tàrraga; essent de l'ordre de 2.5 vegades el valor de la precipitació.

Tanmateix, també s'ha realitzat el mateix càlcul amb les dades corresponents a l'observatori de Tornabous (com a representatiu de la zona d'estudi durant el període recent setembre 1997 – maig 2004) amb la finalitat de basar el càlcul amb les dades més recents ([www.meteocat.es](http://www.meteocat.es)) (Taula 3.4 i figura 3.6).

Taula 3.4. . Dades de precipitació i evapotranspiració mitjanes i càlcul de l'escorrentia o del dèficit hídric des de 1997 al 2004.				
Tornabous				
	T	ETP corr	P	P-ETP
	°C	mm	mm	mm
gener	4.6	8.9	15.5	6.6
febrer	6.0	14.6	20.1	5.5
març	10.0	33.3	24.2	-9.1
abril	12.4	50.4	47.1	-3.3
maig	16.5	82.9	44.7	-38.1
juny	22.3	132.4	17.5	-114.9
juliol	23.1	136.9	20.2	-116.7
agost	23.4	130.4	15.2	-115.1
setembre	18.8	86.2	30.1	-56.1
octubre	14.4	52.8	33.9	-18.9
novembre	7.3	17.8	39.6	21.8
desembre	4.3	7.8	30.1	22.3
Mitjana T	13.6			
Totals anuals		754.2	338.2	-416.0



**Figura 3.6.-** Dades meteorològiques mensuals a Tornabous (1997-2004).

S'observa que els resultats, tant els valors absoluts com la distribució mensual, són similars als valors mitjans dels observatoris de Castellnou i Tàrraga.

### **3.4.- MEDI SOCIOECONÒMIC**

La població de l'Urgell fou baixa fins al s.XIX. La creixença forta no arribà fins cap al 1860 (30222h). El 1936 arribà al màxim de la població (32797 h) i a partir d'aleshores seguí un estancament demogràfic, seguit de la tendència actual regressiva.

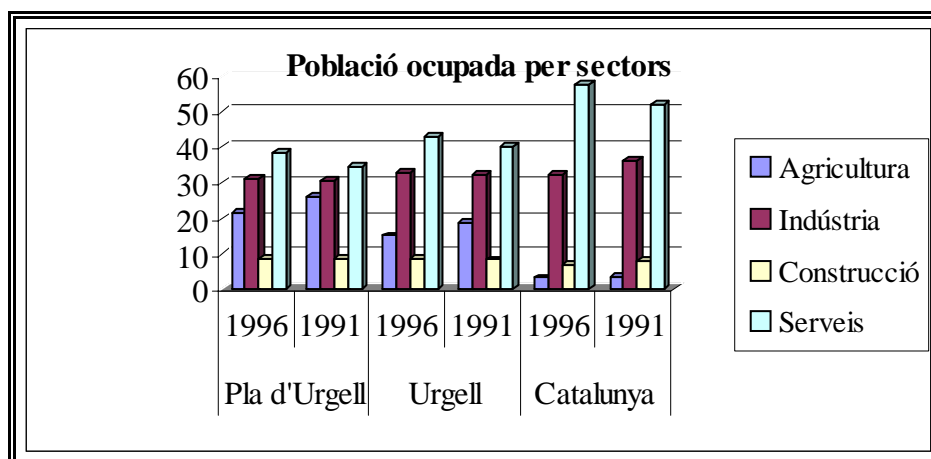
L'economia de la comarca es basa en l'agricultura. Gairebé el 91% (1991) de la superfície de la comarca és terra conreada, de la qual tres quartes parts són de secà. Els cultius de secà més importants són els cereals d'hivern: el blat i, sobretot l'ordi. Segueixen en importància l'olivera, l'ametller, el farratge, els fruiters de fruita dolça i la vinya. Uns dos terços dels regadius són dedicats a cereals per a gra. Destaquen els conreus d'ordi, blat de moro i blat.

La ramaderia ha experimentat una forta transformació; de la ramaderia tradicional subsidiària de l'explotació familiar s'ha passat a la ramaderia integrada.

La indústria és l'activitat econòmica que ocupa més gent (30% de la població activa el 1991). Bé que és molt diversificada, sobresurt el ram metal·lúrgic, seguit de l'alimentari, el material per a la construcció, el tèxtil i el paper. El comerç és molt actiu.

En el cas del Pla d'Urgell, a l'igual que a l'Urgell, el poblament va molt lligat amb el fet de l'afavoriment de les terres regades pel canal d'Urgell. Actualment la població de la comarca és de 29211 habitants.

Anteriorment al canal d'Urgell es donaren, exclusivament, els productes mediterranis: blat, vinya i olivera. Actualment l'agricultura és gairebé tota de regadiu i hi predominen els cereals, el farratge, l'horta i els fruiters. La ramaderia tradicional avui és minsa. Els sectors punta són el porcí i l'aviram, en augment constant. Hom ha establert alguna indústria sobretot a Mollerussa. A la resta de municipis la indústria, relacionada amb el món agrari, té un paper secundari. Pel que fa a la població ocupada, un 21.6% de la població treballa en el sector primari, un 31.02% a la indústria, un 8.72% a la construcció i un 38.66% en els serveis.



**Figura 3.7.** Distribució sectorial de la població de les comarques estudiades.

**Font:** Institut d'estadística de Catalunya. Estadística de la població 1991,1996.

### 3.4.1. RAMADERIA

A partir del cens porcí a Catalunya per comarques (a partir de l'enquesta del desembre de 1999) podem veure la ramaderia intensiva de les comarques de l'estudi.

A Catalunya hi ha comarques que tenen més de 400.000 caps de bestiar: Segrià, Noguera i Osona. Aquestes comarques són molt més grans en superfície que les que analitzem, això fa que les comarques d'estudi siguin les més densament poblades en caps de bestiar (1111 caps/km<sup>2</sup> al Pla d'Urgell i 545 caps/km<sup>2</sup> a l'Urgell) i que el medi

suporti una gran pressió. En l'àrea d'estudi hi ha el 14% de la producció porcina de tota Catalunya, per tant el sector porcí és de gran importància en la zona.

<b>Taula 3.5. Cens porcí a Catalunya per comarques</b>						
Comarca	Garrins	Porcs d'engreix	Mascles reproductors	Truges reproductores	Total animals	Percentatge respecte Catalunya
Pla d'Urgell	72000	248961	303	16971	338235	<b>5,33</b>
Urgell	74248	224912	351	19745	319256	<b>5,03</b>
Garrigues	55502	158732	255	15867	230356	<b>3,63</b>
<b>Catalunya</b>	<b>1537722</b>	<b>4243262</b>	<b>11395</b>	<b>555076</b>	<b>6347455</b>	

**Font:** Estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya 1999, DARP (Generalitat de Catalunya)

Pel que fa a altres tipus de ramaderia intensiva, també hi són presents però ni hi ha tants caps de bestiar ni tenen tant pes específic dins del territori català. Així doncs, a partir del cens boví observem que en l'àrea d'estudi hi ha un 9.3% del sector boví català.

Respecte al sector oví i de cabrum, el percentatge encara és més petit que en el sector boví, ocupant un 5.76% i 4.82% respectivament.

<b>Taula 3.6. Cens boví a Catalunya per comarques</b>					
Comarca	Animals de mes de 24 mesos	Animals entre 12 i 24 mesos	Animals de menys de 12 mesos	Total animals	Percentatge respecte Catalunya
Pla d'Urgell	4060	1057	17028	22145	3,25
Urgell	393	82	18036	18511	2,72
Garrigues	1086	275	21358	22719	3,33
<b>Catalunya</b>	<b>170997</b>	<b>34582</b>	<b>476133</b>	<b>681712</b>	

**Font:** Estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya 1999, DARP (Generalitat de Catalunya)

<b>Taula 3.7. Cens d'oví a Catalunya per comarques</b>				
Comarca	Animals per la vida	Per sacrifici	Total animals	Percentatge respecte Catalunya
Pla d'Urgell	19633	4265	23898	<b>2,28</b>
Urgell	15305	3703	19008	<b>1,82</b>
Garrigues	14155	3213	17368	<b>1,66</b>
<b>Catalunya</b>	<b>796526</b>	<b>250108</b>	<b>1046634</b>	

**Font:** Estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya 1999, DARP (Generalitat de Catalunya)

<b>Taula 3.8. Cens de cabrum a Catalunya per comarques</b>				
Comarca	Animals per la vida	Per sacrifici	Total animals	Percentatge respecte Catalunya
Pla d'Urgell	572	65	637	<b>0,95</b>
Urgell	1295	139	1434	<b>2,14</b>
Garrigues	1036	124	1160	<b>1,73</b>
<b>Catalunya</b>	<b>58583</b>	<b>8585</b>	<b>67168</b>	

**Font:** Estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya 1999, DARP (Generalitat de Catalunya)

## 3.4.2. AGRICULTURA

Taula 3.9. Tipus de conreus a la zona d'estudi.							
		URGELL		PLA D'URGELL		TOTAL ÀREA 6	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
CEREAL REC	Blat	2091	4,87	3841	15,38	12877	5,19
	Ordi	2784	6,49	218	0,87	11277	4,54
	Panís	1978	4,61	6243	25,00	17239	6,95
	Alfals	2534	5,91	9072	36,33	27593	11,12
FRUITERS REC	Pomera	1733	4,04	2808	11,24	11078	4,46
	Perera	698	1,63	1874	7,50	13764	5,55
	Presseguer	14	0,03	160	0,64	8693	3,50
OLIVERA REC	Olivera	137	0,32	45	0,18	1368	0,55
AMETLLER REC	Ametller	128	0,30	98	0,39	461	0,19
VINYA REC	Vinya	2156	5,02	7	0,03	3652	1,47
CEREAL SECÀ	Blat	1587	3,70	93	0,37	18514	7,46
	Ordi	20122	46,89	407	1,63	92218	37,16
OLIVERA SECÀ	Olivera	2621	6,11	53	0,21	15565	6,27
AMETLLER SECÀ	Ametller	3201	7,46	54	0,22	12387	4,99
VINYA SECÀ	Vinya	1126	2,62	0	0	1450	0,58
<b>TOTAL</b>		<b>42910</b>	<b>100</b>	<b>24973</b>	<b>100</b>	<b>248136</b>	<b>100</b>

Font: Institut d'Estadística de Catalunya (1999)

Pel que fa al tipus d'agricultura predominat a les dues comarques i a l'àrea vulnerable 6, a partir de les dades de la taula 3.3.5 podem observar que a l'Urgell predomina més el conreu de secà (66.78%) que el regadiu (33.22%), gairebé la meitat de tota la superfície conreada és ordi.

Quant al Pla d'Urgell, els cereals de rec sumen un 77.58% de la superfície conreada i els fruiters ocupen un 19.39%. El total dels conreus de secà ascendeixen al 2.43%, pràcticament són insignificants.

Dins el marc de l'àrea vulnerable 6, veiem que predominen lleugerament els conreus de secà (56.47%) sobre els de regadiu (43.53%). Això es deu a què les altres comarques incloses en aquesta àrea de vulnerabilitat i fora del marc d'estudi (Noguera, Segrià i Segarra) tinguin grans hectàrees de conreus de secà.

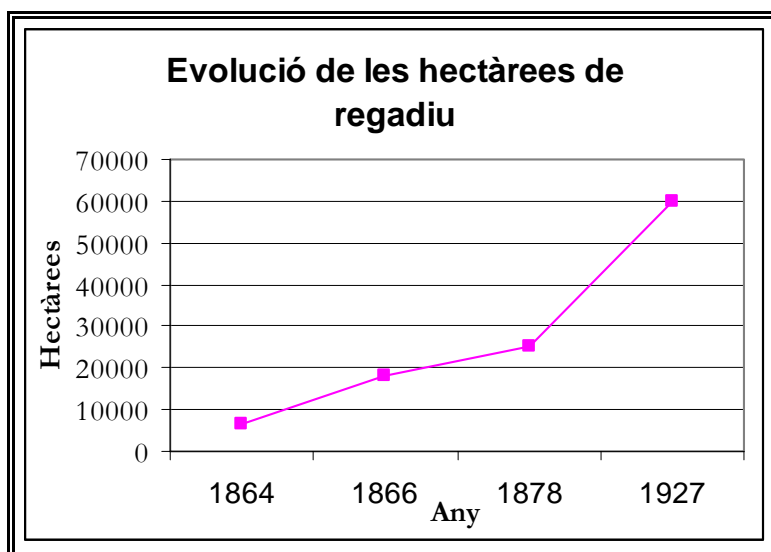
### **3.5.- CANAL D'URGELL**

L'evolució de la zona d'estudi, va estretament lligada amb la construcció del Canal d'Urgell. Aquest Canal construït l'any 1852 tenia unes expectatives molt altes per les terres de secà que s'havien de convertir en regadiu. Els beneficis més esperats d'aquesta nova construcció foren:

- l'ordre social, que promouria la igualtat entre rics i pobres
- l'ordre econòmic, augmentaria notablement les produccions agrícoles
- l'ordre demogràfic, la població s'incrementaria molt

Però en general, l'aigua tant esperada, va tenir efectes nocius per motius ben diferents:

1. La majoria de propietaris, atesa la secular manca d'aigua, no estaven preparats tècnicament per a utilitzar aquest recurs.
2. L'empresa concessionària, des del principi, no va poder o no va saber administrar ni gestionar l'aigua d'una manera equitativa i coherent.
3. Els tècnics que dissenyaven les obres no van preveure dos aspectes cabdals:
  - Una xarxa completa i suficient de desguassos par tal de que les aigües sobrants dels regatges poguessin evacuar.
  - La composició mineral dels sòls, molt impermeables i amb importants dipòsits de guixos i clorurs sòdics i potàssics.

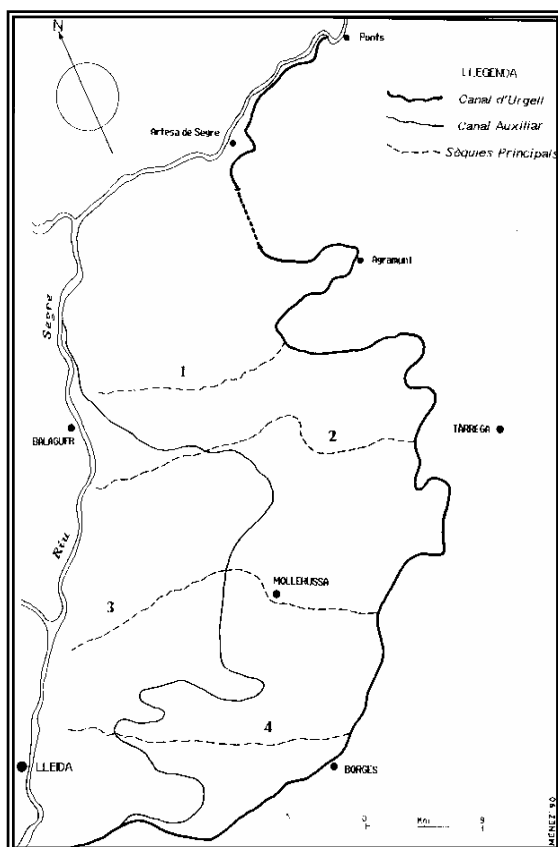


**Figura 3.8.-** Evolució de les terres de regadiu

**Font:** Mateu, Ripoll i Vallverdú, 1996. *El tresor dels Canals d'Urgell*



En conseqüència les aigües sobrants s'entollaven i les sals sortien a l'exterior per capil·laritat, provocant epidèmies i pèrdua de collites. Així doncs, l'aigua va propiciar un perceptible èxode de la població. Ni els pagesos, ni els organismes oficials, ni els dissenyadors del projecte, ni les terres estaven preparats per rebre i utilitzar adequadament l'aigua, provocant un empobriment general i un flagell que planava damunt la societat urgellenca.



**Figura 3.9.-** Xarxa de canals i sèquies principals  
**Font:** Mateu, 1992. *Agricultura i ramaderia al Pla d'Urgell*

Tot un cúmul de despropòsits (catastròfica evolució de les finances i indústria catalanes, condicionants polítics, pronunciaments militars i suspensió de pagaments de la S.A Canal d'Urgell) van fer que l'expansió de les terres regades fos molt lenta. (figura 3.9)

A poc a poc s'anaren construint sèquies derivades del canal principal d'Urgell que regaven noves superfícies i entraren en funcionament nombrosos desguassos. També, progressivament els pagesos construïen canonades amb finalitats diverses; sanjar sòls, drenar-los i aprofitar aigües que es perdien per infiltracions.

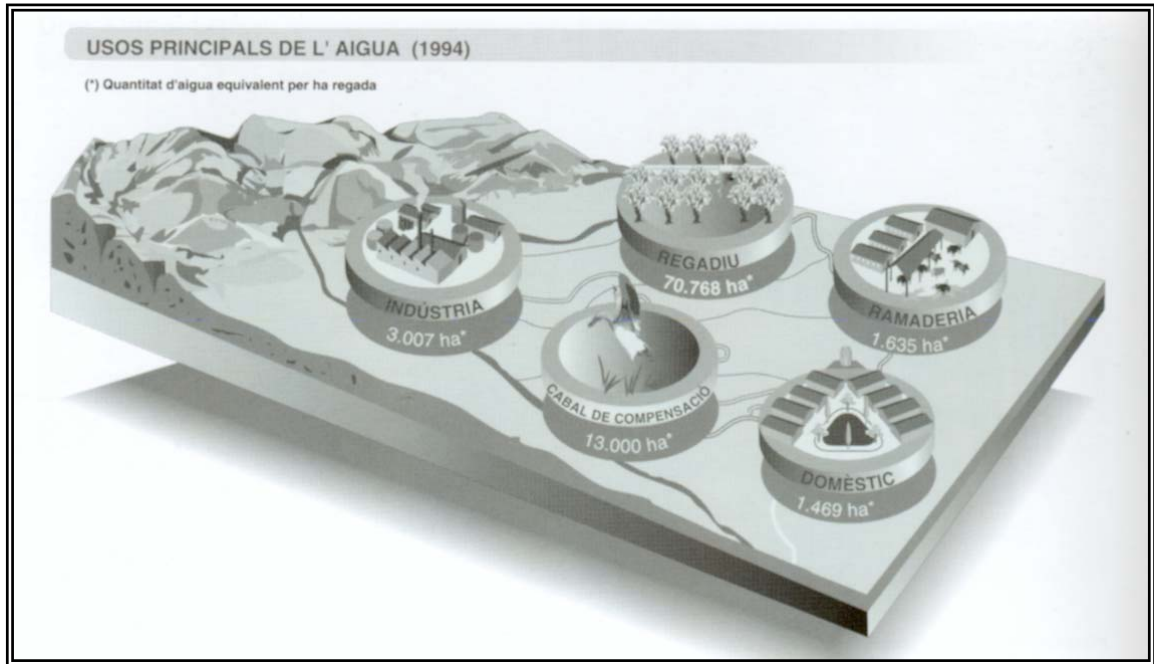
Fins a dècades ben recents, amb la posada en marxa del canal auxiliar el 1932 i del pantà d'Oliana el 1959, no s'han aconseguit resultats satisfactoris, sobretot en els termes municipals més allunyats del canal principal.

La concessió d'aigua i l'hipotètic cabal del Canal d'Urgell era de 33 m<sup>3</sup>/s mentre que l'aigua, en el millor dels casos no superava els 18 m<sup>3</sup>/s. Amb el canal auxiliar passava quelcom semblant, ja que d'una dotació teòrica de 8 m<sup>3</sup>/s solament se'n disposava d'uns 4 m<sup>3</sup>/s. Les causes d'aquesta explotació deficient s'haurien de cercar en:

- Una regulació insuficient dels canals.
- Les trencades freqüents dels canals.
- Les contínues filtracions.
- La proliferació d'algues i herbes aquàtiques que restaven efectivitat al transport de l'aigua.
- La feble organització dels pagesos.
- Els nombrosos defectes en la gestió de l'aigua per part de la institució que l'administrava.

El que ha significat una impressionant transformació del territori i de la societat ha estat la revolució basada en l'ús efectiu de l'aigua: transport, maneig i correcta aplicació en els camps, granges i serveis diversos. L'ús de l'aigua articula el territori i la societat urgellenca. Tot gira al voltant del líquid preuat: les produccions agrícoles, l'engreix del bestiar, la producció de llet, les indústries que proporcionen inputs agraris o les que, com les agroalimentàries, cerquen treure'n un valor afegit, els serveis, la cultura....

La utilització de l'aigua per a diferents activitats i el seu volum (expressat com a quantitat d'aigua equivalent per hectàrea regada) es pot observar a la figura 3.10.



**Figura 3.10.-** Usos principals de l'aigua (1994)

**Font:** Mateu, Ripoll i Vallverdú, 1996. *El tresor dels Canals d'Urgell*



## **4. VULNERABILITAT DE L'AQUÍFER**



## 4.1. – VULNERABILITAT DE L'AQUÍFER

La vulnerabilitat d'un aquífer davant la contaminació de l'aigua subterrània és una propietat de l'aquífer qualitativa, relativa, no mesurable i adimensional. El grau de vulnerabilitat dels aquífers davant la contaminació de nitrats depèn de molts factors que queden resumits a la taula 4.1.

4.1.- Factors que determinen la vulnerabilitat d'un aquífer davant la contaminació per nitrats		
Factors de caràcter endogen geològics	característiques litoestratigràfiques del aquífer	Espessor
		Textura
		Naturalesa mineralògica de les formacions
		Contingut de matèria orgànica
		Permeabilitat
		Grau de fisura
Factors externs	Característiques de la càrrega contaminant	Forma d'incorporació del contaminant al terreny
		Règim pluviomètric i la seva relació en zones de cultiu amb els sistemes d'adobatge i rec
		Temperatura de l'aigua que s'infiltra
		Condicions de construcció/explotació de les captacions d'aigua subterrània

En formacions sedimentaries, com el nostre cas, la percolació a través de la zona no saturada, afavorida per la seva elevada permeabilitat o bé pel seu reduït espessor o bé per una combinació d'ambdues característiques, es tradueix en una elevada vulnerabilitat que permet la infiltració eficaç cap a la zona saturada del nitrat aplicat en superfície.

### 4.1.1 – MOVIMENT DE L'AIGUA

Generalment, en zones semiàrides els nivells piezomètrics descendeixen durant les èpoques de bombeig i de rec i es recuperen durant l'estació humida. La nostra àrea d'estudi segons la climatologia de la zona hauria de seguir aquesta tendència però no és així. El fet de regar amb les aigües del Canal d'Urgell enlloc d'aigua procedent de l'aquífer fa que aquest dinamisme sigui invers a l'esperat.

L'època de major recàrrega de l'aqüífer de l'Urgell és en l'època de primavera, ja que es quan està obert el Canal i quan la major part de la superfície de la comarca es regada (ja que com ha estat esmentat gairebé tota és de superfície agrícola).

El Canal d'Urgell s'obra per Sant Josep (19 de març) i resta obert fins al setembre. L'obertura del Canal és d'especial importància en les èpoques de rec, quan no es rega en té poca, ja que no fa variar el nivell piezomètric de l'aqüífer. Actualment el canal està revestit pràcticament en la seva totalitat, tret de les sèquies menys importants, així doncs, l'aigua que es pugui infiltrar des del llit del canal cap a l'aqüífer (és a dir, les pèrdues del canal) no és d'especial atenció, sobretot si es compara a l'entrada d'aigua que suposa el rec.

L'aigua que no pot ser retinguda pel sòl s'infiltra passa per gravetat a zones més profundes, arrossegant els elements dissolts. Això produeix un rentat del sòl, on hi ha una pèrdua de nutrients. Les majors pèrdues per drenatge són, per ordre d'importància, les de sofre, nitrogen i calç. La rapidesa de l'aigua a través del sòl és directament proporcional a la seva permeabilitat.

L'ascens piezomètric durant la recàrrega provoca la mescla de l'aigua de la zona saturada i no saturada, aquest cicle es repeteix cada any. L'estratificació dels nitrats a la zona no saturada es desplaça als ascensos piezomètrics a la zona saturada, produint-se una barreja de nivells diferents de concentració.

La general lentitud amb la que evoluciona el procés contaminant obeeix a diferents factors:

- ✧ **Accions d'oxidació – reducció:** aquestes tenen lloc predominantment durant la infiltració en el medi no saturat, tot i què poden tenir lloc al medi saturat mentre no es consumeix l'oxigen dissolt a l'aigua. Quan l'oxigen es escàs o inexistent es produeixen fenòmens anaeròbics en els quals es consumeix matèria orgànica a expenses de reduir nitrats, produint-se  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2$ , etc.
- ✧ **Processos d'adsorció i absorció:** la retenció del terreny en realitat en només una disminució de la velocitat de circulació i pot ser temporal o permanent.



- ✧ **Processos bioquímics:** juguen un paper important, en especial a la zona no saturada, estan molt lligats als processos d'oxidació – reducció.
- ✧ **Processos de dilució:** són especialment important en casos de contaminació estesa.

#### 4.1.2. – MECANISMES DE LA CONTAMINACIÓ

Els mecanismes de contaminació estan condicionats per les lleis que regulen els processos d'incorporació de nitrats a l'aigua, és a dir, a les característiques del flux subterrani i al balanç hídric, en el qual cal considerar les extraccions i/o aportacions antròpiques (pous i canal).

Independentment de l'origen de la font de contaminació, la quantitat de nitrat que s'incorpora a les aigües subterrànies està controlada per un conjunt complex de processos biològics, químics i hidrològics que es desenvolupen en el medi subterrani. Per explicar aquests processos cal conèixer les relacions entre les diferents fases del cicle del nitrogen.

Els nitrats poden seguir diferents camins:

- 1) **Escorrentia:** els nitrats són erosionats i arrossegats per l'aigua d'escorrentia a l'igual que qualsevol tipus de partícula. L'escorrentia es pot veure potenciada amb factors com la pendent del terreny, les característiques del sòl, el paisatge, l'estat de la collita o les condicions climàtiques.
- 2) **Infiltració:** la infiltració de l'aigua al terreny arrossega els nitrats cap al nivell de les aigües subterrànies.
- 3) **Volatilització:** el pas dels compostos nitrogenats gasosos (amoníac) a l'atmosfera pot produir males olors i per tant, una contaminació essencialment olorosa.

En l'àrea estudiada, els factors exògens de la contaminació de nitrats prové bàsicament de l'agricultura en forma de adobs nitrogenats i de la ramaderia en forma de purins. Aquestes activitats són realment rellevants degut a l'elevat percentatge de la societat dedicat al sector primari (al voltant del 20%).

Aquest perfil de la societat urgellenca es deu a què tota la superfície no urbana està conreada. No hi ha zones ermes sense conrear, sobretot després del sistema de rec que permet l'existència del Canal d'Urgell.

Quant al camins que segueixen els nitrats, referent a la nostra àrea d'estudi, cal centrar-nos en la infiltració, tot i que hi ha una petita proporció que segueix la via de la volatilització.

Com ja ha estat descrit anteriorment la zona d'estudi és una àrea completament plana, això fa que l'escorrentia sigui pràcticament inexistent. El sòl és permeable, fet que facilita la infiltració de les aigües cap a l'aqüífer.

#### **4.1.3. – ADOBATGE NITROGENAT**

La quantitat de nitrogen que subministra el sòl és imprevisible. L'agricultor no només no sap quan nitrogen alliberarà el sòl, sinó que ignora quan aquest nitrogen estarà disponible.

Per beneficiar-se de la combinació òptima de l'aigua i l'adobat s'han de complir diverses condicions. En les terres de regadiu, l'adobat ha de ser notablement més alt que en les terres de secà. L'aigua, al no ser un factor limitant, permetrà majors produccions i això fa que les extraccions d'elements nutritius (nitrogen, fòsfor i potassi) siguin més importants però alhora també són més importants les pèrdues per rentat del sòl, especialment el nitrogen.

La utilització correcta de l'aigua suposa una concentració adequada de les solucions del sòl. El treball que la planta realitza per absorbir els nutrients del sòl és més gran com més diluïts estiguin els nutrients a l'aigua.

L'ió nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) i l'ió sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) i la urea fins que s'hidrolitza són molt mòbils al sòl. És desplaçen fàcilment pel perfil del sòl. Per això és necessari fraccionar els aportos de nitrogen i aplicar el rec en funció de la permeabilitat del sòl.

L'adobatge normalment té lloc abans de la sembra. En la zona estudiada, podem trobar diferents tipus de conreus com hem vist anteriorment (taula 3.4.2.1). Entre aquests conreus cal destacar la diferència cereals d'estiu i d'hivern. Els cereals d'hivern són el blat i l'ordi, la suma dels quals és d'un 11.36% de rec i 50.59% de secà en la comarca de l'Urgell i un 16.25% de rec i un 2% de secà al Pla d'Urgell.

En aquests camps, l'adobatge té lloc al novembre i es pot fer un segon fraccionament cap al febrer. Durant el cicle d'aquests cereals, el Canal resta tancat, així doncs, tots els

processos de percolació i lixiviació dels nutrients propiciats per l'adobatge depèn exclusivament de les precipitacions.

Les precipitacions registrades al novembre en ambdues comarques (gràfics 3.1.2a i 3.1.3a) al voltant dels 25 mm pot explicar l'alta contaminació de nitrats registrada aquest mes. Tot i què 25 mm mensuals és pot tractar de poca precipitació, cal recordar que les pluges d'aquest clima es concentren a les estacions equinoccials. La pluja no acostuma a ser de poca intensitat, ans al contrari, les pluges acostumen a ser curtes i fortes, això pot fer que el rentat del sòl sigui més agressiu del que seria amb la mateixa quantitat de precipitació però amb un període més llarg de temps.

Al mes de febrer és quan hi ha un adobat més intensiu a causa de la segona fracció dels cereals d'hivern i del primer dels cultius d'estiu (38.05% de la superfície conreada a l'Urgell i un 81.75% del Pla d'Urgell).



## **5. RESULTATS**



## 5.1.- RELACIÓ DELS POUS MOSTREJATS

A partir del mostreig dels 82 punts inicials s'ha fet el seguiment analític dels paràmetres més importants de 62, tots ells de diferents tipus. Els motius de l'exclusió d'alguns punts de mostreig es deu a varies circumstàncies: tancament de pous que a l'inici de l'estudi estaven oberts, assecament del pou durant els mesos de mostreig, resultats analítics no representatius durant els primers mesos o desacord d'alguns propietaris al mostreig mensual del seu pou. L'anàlisi final dels resultats així com les conclusions extretes en aquest estudi s'han fet a partir dels resultats obtinguts en 62 pous que han estat mostrejats al llarg dels 12 mesos de durada del treball.

Tal com es pot veure a l'Annex III, s'ha portat a terme l'anàlisi mensual del nitrat, nitrit, amoni, sulfat, clorur i fosfat i un anàlisi trimestral de la matèria orgànica (DQO) i del nitrogen total ( $N_t$ ). El paràmetre on s'ha detectat una problemàtica major ha estat la mesura dels nitrats, la qual és molt variable al llarg de l'estudi i que presenta en alguns casos i en alguns períodes de l'any valors superiors al que marca la legislació actual. Pel que fa a la resta de paràmetres analitzats, es troben en la majoria dels casos dins del rang de concentracions esperades per aigües subterrànies. Tot i així, en alguns mesos i en alguns punts de mostreig es detecten pics puntuals de DQO que hauria de ser nul·la al tractar-se d'aigües subterrànies. Això creiem que es degut a alguna contaminació puntual del punt de mostreig en qüestió, però que no es representatiu de l'aquífer.

En aquest estudi, s'ha volgut donar especial atenció al comportament de la concentració de nitrat a l'aquífer i a continuació es presenta un anàlisi dels resultats obtinguts per a cada punt de mostreig tenint en compte aquest paràmetre.

En la taula 5.1 es detalla la relació dels punts de mostreig amb el tipus de pou i la seva numeració (en l'Annex II s'adjunta les fitxes de cada pou on hi ha una descripció més detallada de cada punt de mostreig).

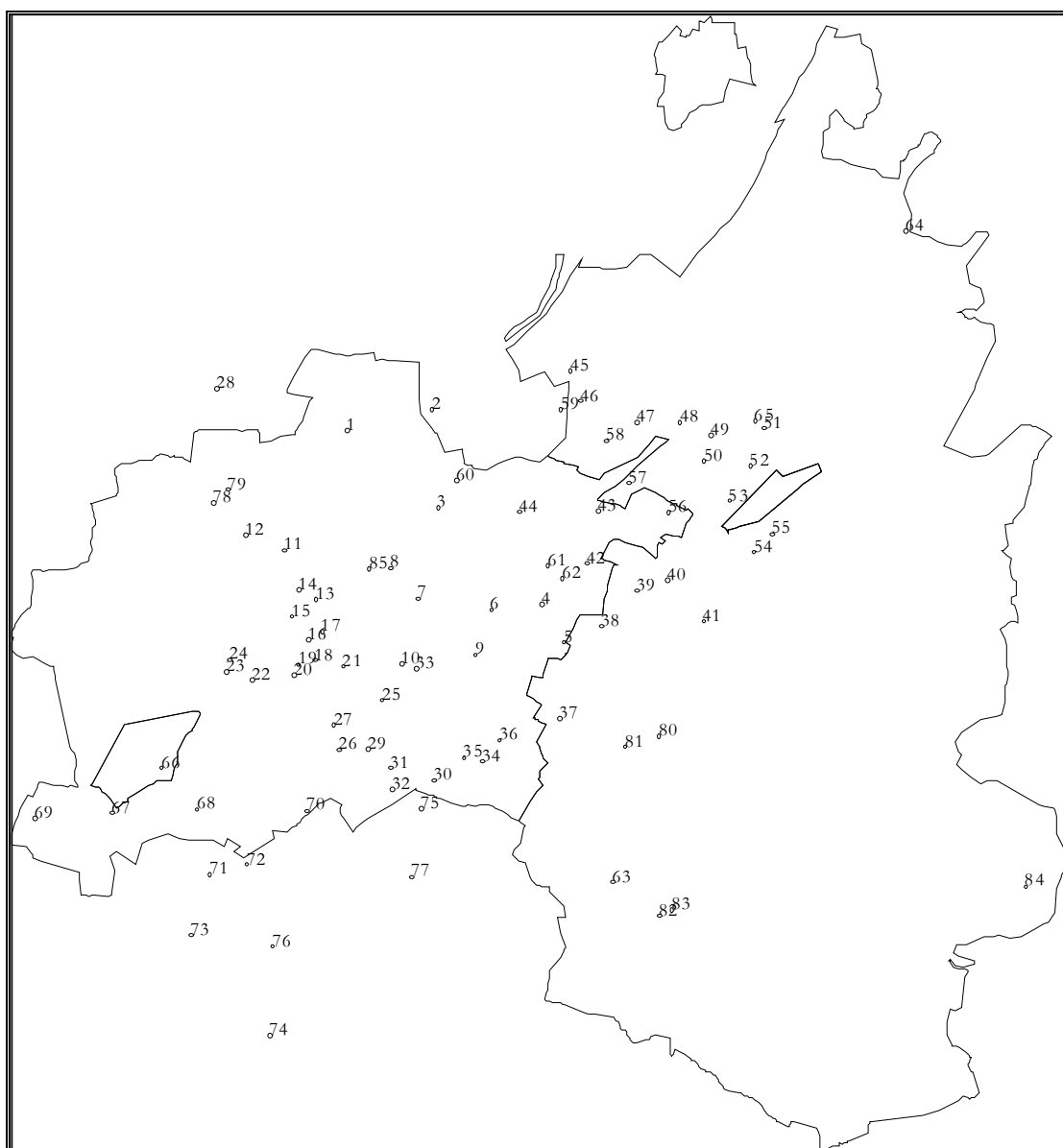
<b>Taula 5.1. Relació dels punts de mostreig i tipologia dels pous</b>				
<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
4	Cast-1	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
5	Cast-2	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
6	Cast-3	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
7	Vila-1	Agrícola	Vilasana	Pla d'Urgell
8	Po-1	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell

9	Gol-1	Agrícola	Golmés	Pla d'Urgell
10	Gol-2	Agrícola	Golmés	Pla d'Urgell
11	Po-2	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell
12	Bv-1	Agrícola	Bellvís	Pla d'Urgell
13	Pal-1	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
14	Pal-2	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
15	Pal-3	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
16	Pal-4	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
17	Pal-5	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
18	Fon-1	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
19	Fon-2	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
20	Fon-3	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
21	Fon-4	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
22	Sid-1	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
23	Sid-2	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
25	Moll-1	Agrícola	Mollerussa	Pla d'Urgell
26	Mir-1	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
27	Mir-2	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
30	Mir-4	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
31	Mir-5	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
32	Mir-6	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
34	Vil-1	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
35	Vi-2	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
36	Vil-3	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
37	Bp-1	Agrícola	Bellpuig	Urgell
38	Bp-2	Agrícola	Bellpuig	Urgell
39	Bp-3	Agrícola	Bellpuig	Urgell
40	An-1	Agrícola	Anglesola	Urgell
41	An-2	Agrícola	Anglesola	Urgell
42	Iv-2	Agrícola	Ivars	Pla d'Urgell
46	Ful-1	Agrícola	Fuliola	Urgell
47	Bol-1	Agrícola	Boldú	Urgell
48	Ag-1	Agrícola	Agramunt	Urgell
49	Gua-1	Agrícola	La Guardia	Urgell
52	Tor-2	Agrícola	Tornabous	Urgell
56	Bar-1	Font	Barbens	Pla d'Urgell
57	Tor-4	Granja	Tornabous	Urgell
59	Pen-1	Agrícola	Penelles	Noguera
60	Iv-5	Agrícola	Ivars	Pla d'Urgell
61	Iv-6	Granja	Ivars	Pla d'Urgell
62	Iv-7	Granja	Ivars	Pla d'Urgell
63	Beli-1	Granja	Belianes	Urgell
64	Ag-2	Granja	Puelles (Agramunt)	Urgell
65	Gua-2	Granja	La Guardia	Urgell
66	Al-1	Font	Alamús	Segrià
68	Torre-1	Agrícola	Torregrossa	Pla d'Urgell
69	Torre-2	Granja	Torregrossa	Pla d'Urgell
70	Torre-3	Granja	Torregrossa	Pla d'Urgell
71	Ju-1	Granja	Juneda	Garrigues



72	Ju-2	Brollador	Juneda	Garrigues
73	Ju-3	Brollador	Juneda	Garrigues
74	Bo-1	Granja	Les Borges Blanques	Garrigues
75	Ar-1	Granja	Arbeca	Garrigues
76	Ar-2	Granja	Arbeca	Garrigues
77	Ar-3	Granja	Arbeca	Garrigues
78	Bv-2	Granja	Bellvís	Pla d'Urgell
80	P-1	Granja	Preixana	Urgell
81	P-2	Agrícola	Preixana	Urgell
82	M-1	Granja	Maldà	Urgell
83	G-1	Granja	Guimerà	Urgell
85	Po-3	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell

La figura 5.1 mostra la distribució dels diferents punts de mostreig en les comarques del Pla d'Urgell, Urgell i part de les Garrigues.



**Figura 5.1.** Localització dels pous dins de l'àrea d'estudi i la seva numeració  
Escala: 1/235000

## **5.2.- EVOLUCIÓ DE LA CONCENTRACIÓ DELS NITRATS**

L'evolució de la concentració dels nitrats, no segueix una tendència general en tots els pous. No obstant, si que s'observa una davallada de la concentració en els mesos de primavera – estiu (des del mes d'abril al juliol). Aquesta baixada està estretament lligada amb l'obertura del canal, que s'obra a finals de març.

A través dels resultats analítics, podem veure que l'efecte de rentat del sòl que li provoca el rec queda atenuat pel tipus de rec, bàsicament per inundació. Així doncs, el gran cabal d'aigua que s'infiltra verticalment pel sòl, fa que aquest perdi nutrients, però alhora fa que aquests estiguin fortament diluïts.

En molts aquífers la concentració de nutrients augmenta quan es produeix una estació plujosa o es comencen a regar els camps. En el cas de la Plana d'Urgell, la proporció d'aigua que es subministra es tal, que queden molt diluïts. En alguns pous passen d'una concentració de 100 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l fins a 10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l.

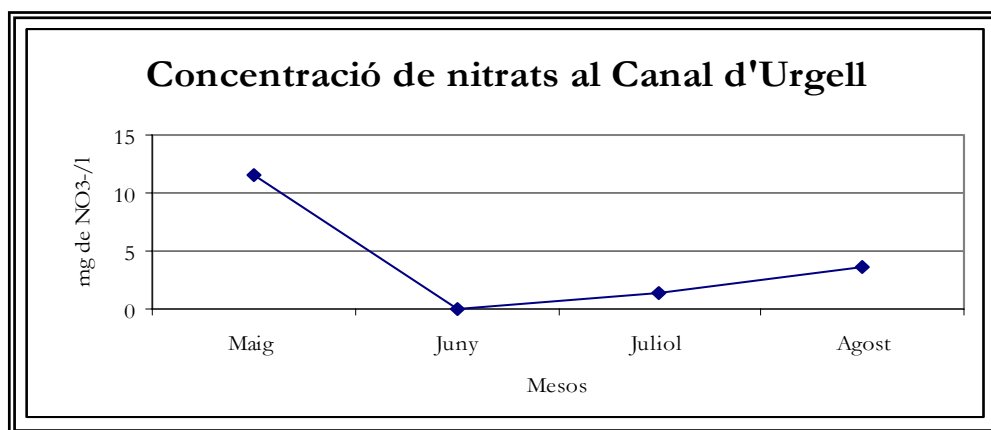
Al mes d'agost, com a tendència general, podem observar un augment de la concentració de nitrats. Les condicions a les que està sotmès l'aquífer ja no són les mateixes, el Canal continua obert i segueixen els recs per inundacions (amb els mateixos cabals) però les condicions climatològiques són molt diferents. Aquest augment pot estar relacionat amb les fortes temperatures que han assetjat aquest agost a pràcticament tot l'estat. Les fortes calors provoquen una forta evaporació de l'aigua i un augment de la transpiració de les plantes, així doncs amb la mateixa quantitat d'aigua que es subministrava els mesos anteriors, és una proporció menor la que fa el rentat del sòl i això que l'efecte de dilució també sigui més atenuat.

### **5.2.1.- AIGUA DEL CANAL**

Com ja s'ha especificat anteriorment, l'aigua del canal és la que rega totes les superfícies agrícoles de la zona. Així doncs, és d'especial interès conèixer el seu quimisme. Ja que si aquesta aigua tingués una alta concentració de nitrats, s'hauria de treure molta de la importància que s'ha donat a la mala gestió del purí i dels adobs químics nitrogenats com a causes d'aquesta problemàtica.

Les aigües del Canal d'Urgell han estat analitzades en dos punts diferents (Mollerussa i Palau d'Anglesola) des del mes de maig fins a l'agost. En la figura 6.2.1, podem observar l'evolució de la concentració de nitrats, que al maig era considerablement elevada (11.6 mg de  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ ). Després al mes de juny és de 0 mg de  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , i els mesos de juliol i agost torna a augmentar, tot i que no és tant alta com la del mes de maig (1.4 i 3.6 mg de  $\text{NO}_3^-/\text{l}$  respectivament).

Tot i la considerable concentració de nitrats que duu el Canal al mes de maig, això no repercuteix en els resultats de les analítiques dels pous, ja que durant aquest mes molts dels pous ja han començat el declivi de la concentració de nitrats.



**Figura 5.2.** Evolució de la concentració de nitrats presents a l'aigua del Canal d'Urgell

### 5.3.- CLASSIFICACIÓ DELS POUS

S'ha cregut interessant fer dos tipus de classificacions per determinar el tipus de pous que tenim segons els resultats de nitrats obtinguts en les analítiques mensuals de les aigües.

#### 5.3.1.- SEGONS LA CONCENTRACIÓ DE NITRATS

S'han classificat els pous en tres grups tenint en compte la concentració de nitrats al pou al llarg dels 12 mesos de mostreig.

##### a) Pous per sobre de 50 ppm nitrat anual

Dins d'aquest grup s'hi ha inclòs tots aquells punts de mostreig que es troben amb concentracions de nitrat més grans de 50 mg/L durant 9 ó més mesos de l'any de mostreig.

En la taula 5.2. es troba una relació dels pous d'aquest grup:

<b>Taula 5.2. Relació dels punts de mostreig per sobre dels 50 ppm NO<sub>3</sub><sup>-</sup> anual</b>				
<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
4	Cast-1	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
7	Vila-1	Agrícola	Vilasana	Pla d'Urgell
8	Po-1	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell
12	Bv-1	Agrícola	Bellvís	Pla d'Urgell
14	Pal-2	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
20	Fon-3	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
26	Mir-1	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
39	Bp-3	Agrícola	Bellpuig	Urgell
41	An-2	Agrícola	Anglesola	Urgell
60	Iv-5	Agrícola	Ivars	Pla d'Urgell
61	Iv-6	Granja	Ivars	Pla d'Urgell
62	Iv-7	Granja	Ivars	Pla d'Urgell
63	Beli-1	Granja	Belianes	Urgell
64	Ag-2	Granja	Puelles (Agramunt)	Urgell
68	Torre-1	Agrícola	Torregrossa	Pla d'Urgell
69	Torre-2	Granja	Torregrossa	Pla d'Urgell
71	Ju-1	Granja	Juneda	Garrigues
76	Ar-2	Granja	Arbeca	Garrigues
78	Bv-2	Granja	Bellvís	Pla d'Urgell
80	P-1	Granja	Preixana	Urgell
82	M-1	Granja	Maldà	Urgell

Aquest conjunt de pous representen un total de 23 punts de mostreig sobre el total de 63 pous. Per tant, el percentatge de pous que estan per sobre d'una concentració de 50 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durant tot l'any representa el **33.3%** de tots els punts mostrejats.

#### **b) Pous per sota de 50 ppm nitrat anual**

Dins d'aquest grup s'hi ha inclòs tots els punts de mostreig que es troben amb una concentració de nitrats inferior a 50 ppm durant 9 ó més mesos en l'any de mostreig.

En la taula 5.3. es troba una relació dels pous d'aquest grup:

<b>Taula 5.3. Relació dels punts de mostreig per sota de 50 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> anual</b>				
<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
5	Cast-2	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
6	Cast-3	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
16	Pal-4	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
21	Fon-4	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
22	Sid-1	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
25	Moll-1	Agrícola	Mollerussa	Pla d'Urgell
31	Mir-5	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
34	Vil-1	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
35	Vi-2	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
40	An-1	Agrícola	Anglesola	Urgell
46	Ful-1	Agrícola	Fuliola	Urgell

47	Bol-1	Agrícola	Boldú	Urgell
48	Ag-1	Agrícola	Agramunt	Urgell
52	Tor-2	Agrícola	Tornabous	Urgell
70	Torre-3	Granja	Torregrossa	Pla d'Urgell
74	Bo-1	Granja	Les Borges Blanques	Garrigues
75	Ar-1	Granja	Arbeca	Garrigues
83	G-1	Granja	Guimerà	Urgell

Aquest conjunt de pous representen 18 punts de mostreig sobre el total de 63 pous. Per tant, el percentatge de pous que estan per sota d'una concentració de 50 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  durant tot l'any representa el **28.6%** de tots els punts mostrejats.

### c) Altres

En aquesta classificació s'hi inclouen la resta de punts de mostreig en que la concentració de nitrats va oscil·lant per sobre i per sota del valor de 50 ppm de  $\text{NO}_3^-$  al llarg de l'any.

En la taula 5.4. es troba una relació dels pous d'aquest grup:

<b>Taula 5.4. Relació dels punts de mostreig amb un valor de nitrat oscil·lant per sobre i per sota de 50 ppm de <math>\text{NO}_3^-</math> al llarg de l'any</b>				
<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
9	Gol-1	Agrícola	Golmés	Pla d'Urgell
10	Gol-2	Agrícola	Golmés	Pla d'Urgell
11	Po-2	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell
13	Pal-1	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
15	Pal-3	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
17	Pal-5	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
18	Fon-1	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
19	Fon-2	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
23	Sid-2	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
24	Sid-3	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
27	Mir-2	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
30	Mir-4	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
32	Mir-6	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
36	Vil-3	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
37	Bp-1	Agrícola	Bellpuig	Urgell
42	Iv-2	Agrícola	Ivars	Pla d'Urgell
56	Bar-1	Font	Barbens	Pla d'Urgell
59	Pen-1	Agrícola	Penelles	Noguera
66	Al-1	Font	Alamús	Segrià
72	Ju-2	Brollador	Juneda	Garrigues
73	Ju-3	Brollador	Juneda	Garrigues
77	Ar-3	Granja	Arbeca	Garrigues
81	P-2	Agrícola	Preixana	Urgell
85	Po-3	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell

Aquest conjunt de pous representen 24 punts de mostreig sobre el total de 63 pous. Per tant, el percentatge de pous que tenen una oscil·lació per sobre i per sota d'una

concentració de 50 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  durant tot l'any representa el **38.1%** de tots els punts mostrejats.

### **5.3.2. SEGONS SITUACIÓ DEL POU**

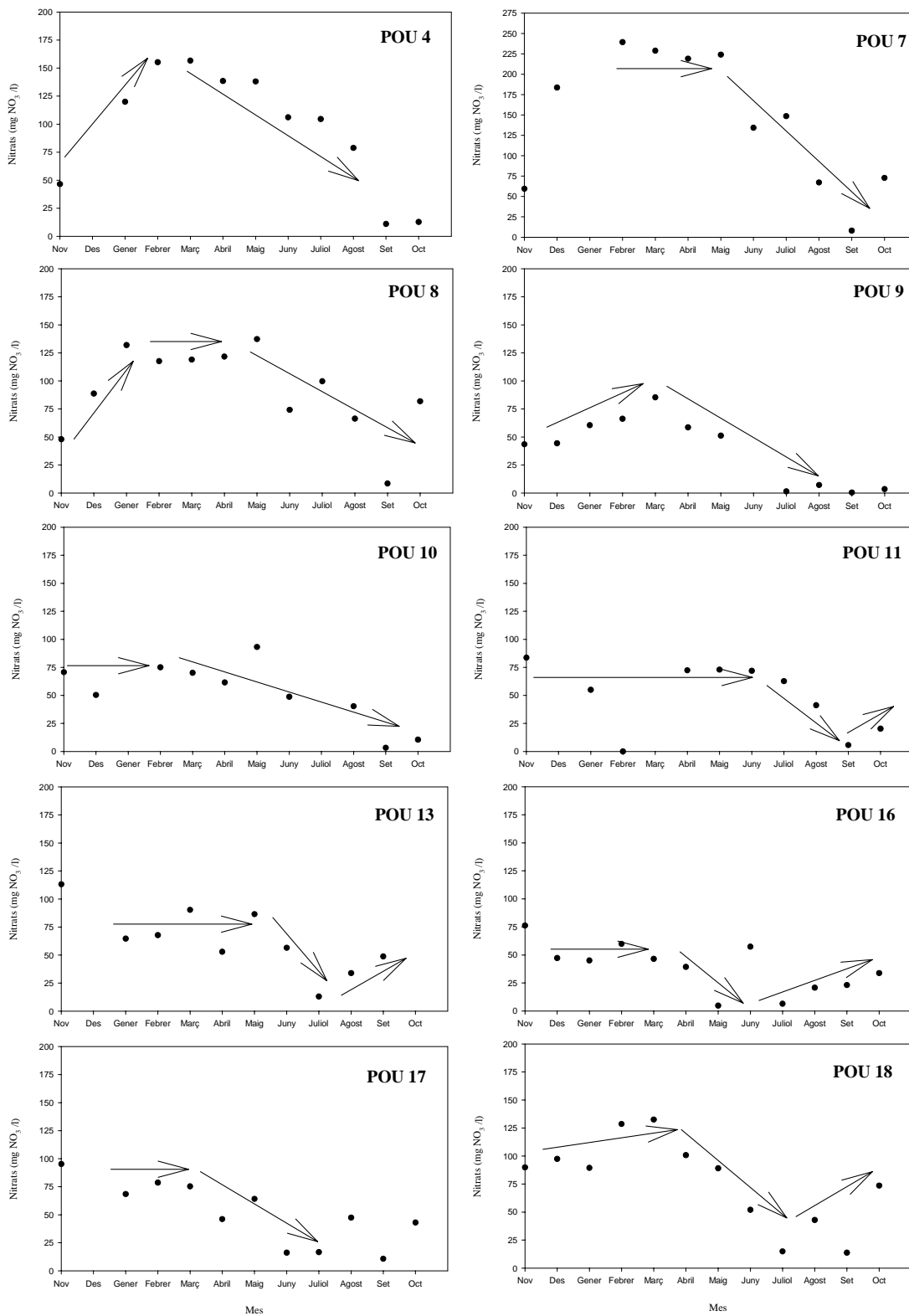
Els punts de mostreig d'aquest estudi es troben repartits entre les comarques del Pla d'Urgell, Urgell i part de les Garrigues. Tot i que la majoria de pous es troben situats en zones de regadiu, alguns estan situats en terreny de secà. Aquesta característica és molt important degut a l'efecte que provoca la irrigació amb aigua del canal d'Urgell en l'evolució de la concentració de nitrats anual com ja s'ha esmentat anteriorment. Les zones de regadiu es caracteritzen per tenir dos períodes anuals: un quan es produeix la irrigació periòdica dels camps de cultiu (des de mitjans de març a setembre) i l'altra quan el canal d'Urgell es tanca i és quan no es rega (de setembre a mitjans de març). L'aportació de grans quantitats d'aigua durant l'època de rec té un efecte directe sobre l'aqüífer i el fet que l'aigua de rec tingui una concentració relativament baixa de nitrats provoca un efecte de dilució en l'aqüífer que es manifesta en la tendència decreixent de la concentració de nitrats a partir de l'abril-maig en bastants pous. Tot i així, alguns punts de mostreig que es troben situats dins de la zona de regadiu tenen un comportament aleatori al llarg de l'any, on no s'observa la variació decreixent dels nitrats quan comença la irrigació dels camps. S'ha de tenir en compte, però, les característiques de cada punt de mostreig, les possibles interferències antròpiques que puguin fer que el pou en qüestió no sigui representatiu de l'aqüífer. Això podria ser degut a que aquests pous estan dins del perímetre d'un possible focus de contaminació i que tot i que pot haver mesos que realment siguin representatius de l'aqüífer, altres mesos poden tenir una mesura afectada per alguna descàrrega o infiltració de purí de la granja, que fa que alteri la tendència anual del pou, i que emmascari la situació real de l'aqüífer.

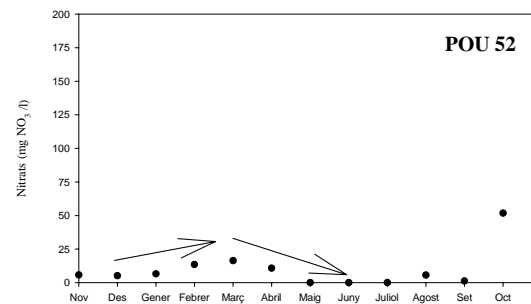
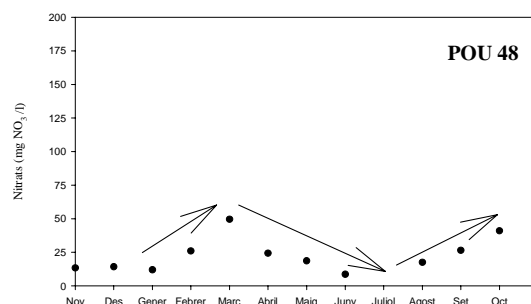
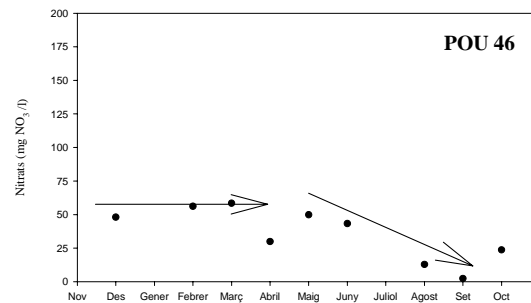
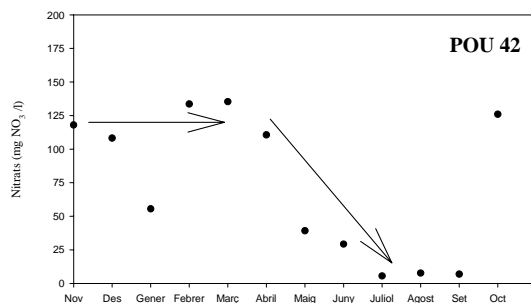
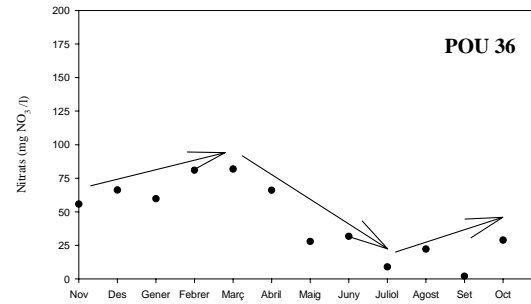
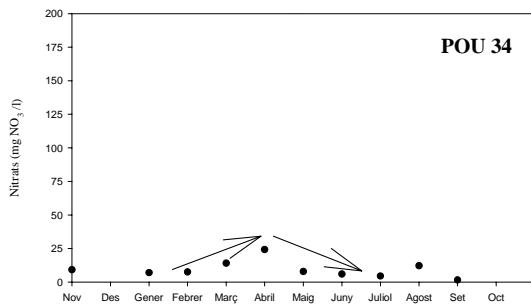
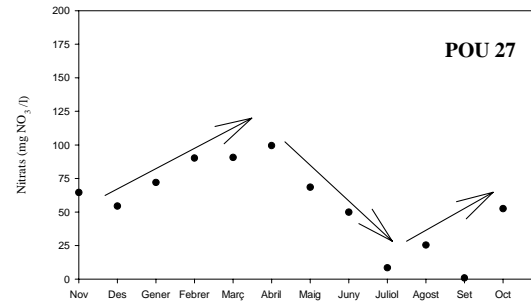
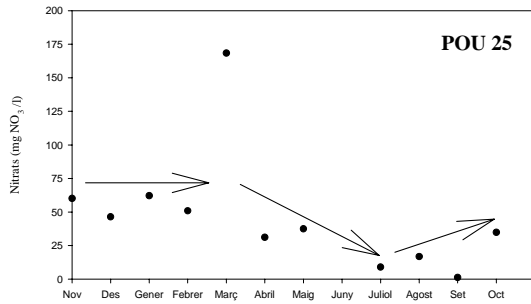
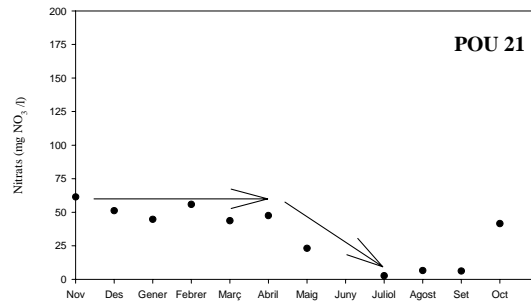
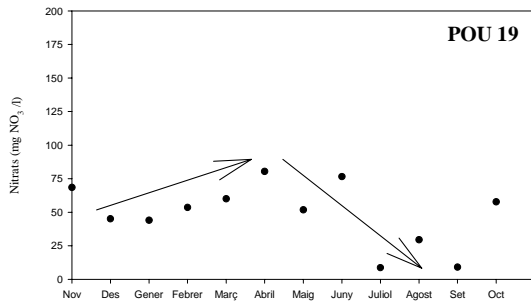
A continuació es presenta la divisió dels diferents pous segons estiguin localitzats en zona de regadiu o en zona de secà.

#### **a) Pous situats en zona de regadiu**

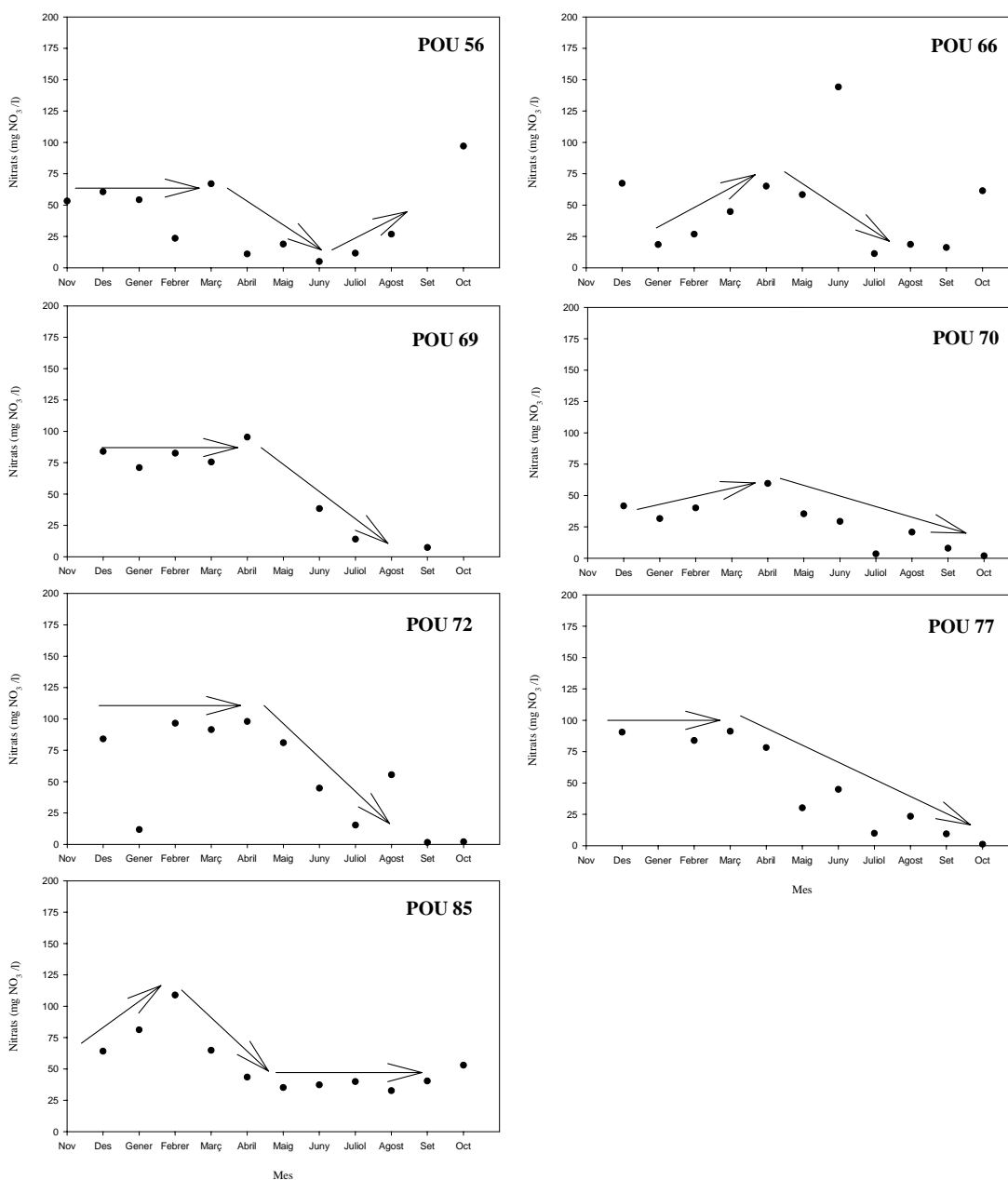
Com ja s'ha dit anteriorment el fet que aquests punts de mostreig estiguin situats en una zona que rep una gran aportació d'aigua durant un període de l'any, provoca que tingui un efecte de dilució directe sobre la concentració de nitrats d'alguns dels pous. En la

figura 5.3 es presenta la relació de pous de regadió on es veu reflectit l'efecte de dilució de l'aquífer per part de l'aigua de rec.









**Figura 5.3.** Concentració de nitrats anual dels punts de mostreig en zona de regadiu que presenten una evolució de nitrats lligada al període de rec.

Un total de 57 punts de mostreig estan localitzats dins la zona de regadiu. D'aquests 57 punts, els 27 representats en la figura 5.3 i descrits en la taula 5.5 segueixen una mateixa tendència, on s'observa una progressiva disminució de la concentració de nitrats a partir de març o abril, coincidint amb el període d'obertura del Canal d'Urgell (inici de l'època de regadiu). No obstant en els 30 restants no s'observa aquesta tendència (taula 5.6). S'ha de tenir en compte, però, el tipus de punt de mostreig d'on es treu l'aigua. D'aquests 30 punts de mostreig on no s'observa aquesta tendència, 12 punts són pous de

granja. Tot i que aquest grup de pous ha estat inclòs dins l'estudi, els resultats obtinguts en aquests no segueixen cap tipus de tendència i fins i tot en alguns casos es podria considerar que els resultats obtinguts al llarg de l'any en aquests pous són totalment aleatoris. El fet d'estar molt a prop dels punts productors del purí, i en molts casos estar a prop de les basses col·lectores del purí en les granges fa que puguin ser contaminats més fàcilment i poden no representar realment les característiques de l'aquífer en aquell moment, ja que l'efecte de possibles perturbacions puntuals en el pou, emmascaren les característiques químiques reals de l'aquífer.

<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
4	Cast-1	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
7	Vila-1	Agrícola	Vilasana	Pla d'Urgell
8	Po-1	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell
9	Gol-1	Agrícola	Golmés	Pla d'Urgell
10	Gol-2	Agrícola	Golmés	Pla d'Urgell
11	Po-2	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell
13	Pal-1	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
16	Pal-4	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
17	Pal-5	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
18	Fon-1	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
19	Fon-2	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
21	Fon-4	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
25	Moll-1	Agrícola	Mollerussa	Pla d'Urgell
27	Mir-2	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
34	Vil-1	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
36	Vil-3	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
42	Iv-2	Agrícola	Ivars	Pla d'Urgell
46	Ful-1	Agrícola	Fuliola	Urgell
48	Ag-1	Agrícola	Agramunt	Urgell
52	Tor-2	Agrícola	Tornabous	Urgell
56	Bar-1	Font	Barbens	Pla d'Urgell
66	Al-1	Font	Alamús	Segrià
69	Torre-2	Granja	Torregrossa	Pla d'Urgell
70	Torre-3	Granja	Torregrossa	Pla d'Urgell
72	Ju-2	Brollador	Juneda	Garrigues
77	Ar-3	Granja	Arbeca	Garrigues
85	Po-3	Agrícola	Poal	Pla d'Urgell

<b>Taula 5.6. Relació dels punts de regadiu sense tendència estacional</b>				
<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
5	Cast-2	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
6	Cast-3	Agrícola	Castellnou	Pla d'Urgell
12	Bv-1	Agrícola	Bellví	Pla d'Urgell
14	Pal-2	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
15	Pal-3	Agrícola	Palau	Pla d'Urgell
20	Fon-3	Agrícola	Fondarella	Pla d'Urgell
22	Sid-1	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
23	Sid-2	Granja	Sidamon	Pla d'Urgell
26	Mir-1	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
27	Mir-2	Agrícola	Miralcamp	Pla d'Urgell
30	Mir-4	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
31	Mir-5	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
32	Mir-6	Granja	Miralcamp	Pla d'Urgell
35	Vi-2	Agrícola	Vilanova	Pla d'Urgell
37	Bp-1	Agrícola	Bellpuig	Urgell
39	Bp-3	Agrícola	Bellpuig	Urgell
40	An-1	Agrícola	Anglesola	Urgell
41	An-2	Agrícola	Anglesola	Urgell
47	Bol-1	Agrícola	Boldú	Urgell
59	Pen-1	Agrícola	Penelles	Noguera
60	Iv-5	Agrícola	Ivars	Pla d'Urgell
61	Iv-6	Granja	Ivars	Pla d'Urgell
62	Iv-7	Granja	Ivars	Pla d'Urgell
68	Torre-1	Agrícola	Torregrossa	Pla d'Urgell
71	Ju-1	Granja	Juneda	Garrigues
73	Ju-3	Brollador	Juneda	Garrigues
74	Bo-1	Granja	Les Borges Blanques	Garrigues
75	Ar-1	Granja	Arbeca	Garrigues
76	Ar-2	Granja	Arbeca	Garrigues
77	Ar-3	Granja	Arbeca	Garrigues
78	Bv-2	Granja	Bellví	Pla d'Urgell

#### **b) Pous situats en zona de secà**

Aquests punts de mostreig es troben situats fora de l'àrea d'influència del Canal d'Urgell. Tots ells són pous de granja ja que era l'única possibilitat d'accés a l'aquífer que es tenia en aquella zona. En la taula 5.7 es presenta la relació d'aquests pous.

**Taula 5.7. Relació dels punts de mostreig en zona de seca**

<b>Número de pou</b>	<b>Codi</b>	<b>Tipus</b>	<b>Població</b>	<b>Comarca</b>
63	Beli-1	Granja	Belianes	Urgell
64	Ag-2	Granja	Puelles (Agramunt)	Urgell
80	P-1	Granja	Preixana	Urgell
81	P-2	Agrícola	Preixana	Urgell
82	M-1	Granja	Maldà	Urgell
83	G-1	Granja	Guimerà	Urgell

Alguns d'aquests pous presenten un comportament aleatori pel que fa als nitrats al llarg de l'any degut, possiblement, a alguna contaminació puntual a causa de la seva situació molt propera a la granja. Ara bé, aquest comportament aleatori també podria ser degut a la tipologia del substrat on es localitza el punt de mostreig en qüestió.

## **6. CONCLUSIONS**



## 6. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS FUTURES

Aquest treball representa el primer estudi d'aquestes característiques dut a terme en la zona de la plana d'Urgell i està centrat únicament en la determinació de la situació actual de l'aqüífer de la zona i en l'evolució d'aquest al llarg d'un any. S'entén per aqüífer a la formació geològica en la qual s'emmagatzema i circula aigua subterrània tot aprofitant la porositat de la roca que l'acull i la pressió hidrostàtica present.

En aquest estudi, s'ha seguit l'evolució anual d'un conjunt de punts de mostreig distribuïts per la zona del Pla d'Urgell, l'Urgell i part de les Garrigues. S'han portat a terme unes anàlisis de diferents paràmetres de l'aigua obtinguda en cada punt de mostreig (nitrat, nitrit, amoni, N total, sulfat, clorur, fòsfat, DQO), i s'ha observat que aquesta aigua segueix uns estàndards de qualitat propis de l'aigua subterrània, gairebé per a tots els paràmetres analitzats. Els nitrats tenen una variació considerable entre diversos punts de mostreig dins del mateix aqüífer i en bastants casos, presenten una variació de la seva concentració al llarg de l'any dins del mateix punt de mostreig.

El seguiment d'un conjunt de 63 pous amb una freqüència mensual, durant el període d'un any, ha fet palès el grau de dificultat que representa tenir un coneixement de la situació i de les dinàmiques reals de l'aqüífer on es centra l'estudi. Amb l'experiència adquirida durant aquest treball, i veient la dinàmica variable pel que fa a la concentració de nitrats de molts dels punts de mostreig, es creu que seria errònia una valoració de l'aqüífer de la Plana de Lleida amb mostreig de punts on no es coneix el comportament que tenen i no es sap si realment són representatius de la situació real en que es troba l'aqüífer.

## **6.1. RESUM DELS RESULTATS**

Els resultats als que s'ha arribat un cop analitzades les dades obtingudes són els que es detallen a continuació:

- a) Durant l'any d'estudi efectuat, s'ha observat que 18 pous (un 29% dels estudiats), estan per sota dels 50 mg/l de  $\text{NO}_3^-$ , mentre que 21 pous (un 33% ) estan per sobre els 50 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  i 24 pous (el 38% restant) fluctuen al llarg de l'any, havent-hi mesos que superen els 50 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  i altres mesos on es troben per sota d'aquesta concentració.
- b) L'aqüífer de la zona es veu fortament influenciat pel sistema de rec. Gran part de la zona on s'ha realitzat l'estudi és zona de regadiu i majoritàriament el rec és a manta. Això provoca que durant l'època de rec hi hagi una aportació considerable d'aigua als camps, molta de la qual fa cap a l'aqüífer. Degut a que aquesta aigua té una concentració molt petita de nitrats, el que origina és un efecte de dilució en l'aqüífer, que es veu reflectit en una tendència a la baixa de la concentració de nitrats en l'aigua mostrejada a partir de l'inici del període de rec (mitjans març).
- c) Ens trobem davant d'un aquífer que pateix una contaminació estacional pel que fa als nitrats ja que varia en funció de l'època de l'any. És un aquífer recuperable, que podria arribar a tenir nivells de nitrats inferiors a 50 mg/l durant tot l'any si es procedís a una correcta gestió, tant de l'adob nitrogenat orgànic com inorgànic.
- d) Molts dels punts del mostreig presenten oscil·lacions mensuals que segueixen un comportament aleatori. Creiem que part dels punts de mostreig es veuen afectats per perturbacions antròpiques i que mesures puntuals d'un mateix punt no són representatives de l'aqüífer.
- e) Les tendències observades en l'evolució dels nitrats, consistents en una disminució de la concentració a l'estiu, reflecteixen el règim de rec i el funcionament hidrogeològic local. És possible, doncs, relacionar els continguts en nitrats amb la dinàmica del flux subterrani, el qual està controlat mitjançant la gestió del rec a partir del canal d'Urgell. Tanmateix, la tendència observada, coherent amb les aportacions del rec i repetida en diversos indrets de la zona estudiada, suggereix la possibilitat de controlar la concentració de nitrat en les aigües subterrànies a partir d'una adequada aplicació dels fertilitzants i de l'aigua de rec. No obstant, els diferents comportaments observats en diversos pous poden estar relacionats amb la natura dels substrat explotat i en les variacions de les aplicacions de rec i adob en superfície.



## 6.2. CONCLUSIONS

Després de l'anàlisi dels resultats obtinguts en aquest estudi s'obtenen les següents conclusions:

- a) El problema de la contaminació per nitrats d'alguns pous és degut a una aportació en excés de nitrogen en el sòl, fruit bàsicament de la intensificació de l'activitat productiva.
- b) Cal aprofundir i ampliar el coneixement de les característiques dels sòls i de les aigües subterrànies, així com de les necessitats dels conreus en funció de cada tipus de sòl.
- c) És necessari realitzar una aplicació més racional dels adobs nitrogenats, ajustant les dosis en funció de l'època, del conreu, del sòl i de la previsió de collita, i substituint els adobs minerals pels orgànics sempre que sigui possible i no comprometi la rendibilitat de l'explotació.
- d) És recomanable seguir una alternança de cultius per evitar que el sòl acumuli excedents de N, introduint en la rotació conreus exigents en N seguits d'altres menys exigents.
- e) S'hauria de tendir a la reducció de l'aigua utilitzada per al rec, utilitzant sistemes de rec més eficient. D'aquesta manera també es podria reduir l'aportació de nitrogen al sòl ja que la filtració de l'aigua a l'aquífer seria menor, i la pèrdua de nutrients del sòl per l'efecte directe de la percolació de l'aigua seria menor.

### **6.3. RECOMANACIONS**

A partir de les conclusions extretes d'aquest treball es presenten algunes recomanacions, així com actuacions que caldria tenir en compte de cara al futur:

- 1) En primer lloc és important aplicar un major seguiment pel que fa a l'adobat nitrogenat orgànic i mineral.
- 2) Cal fer un seguiment de la fertilitat del sòl i conèixer millor les necessitats puntuals dels diferents conreus, així com la dosi i l'època més adient per a incorporar-los. En la majoria de casos, es podria substituir les aportacions de N mineral per orgànic, bàsicament en l'adobat de fons. Tanmateix, cal fer un control periòdic del sòl, amb una analítica que permetés conèixer els nutrients que s'hi troben, així com els que es troben a la planta, per a poder anar introduint els canvis adients en dosi i tipus, si és necessari.
- 3) Es recomana realitzar plans d'adobat específic per a cada cultiu tenint en compte les extraccions previstes i la quantitat d'adob que es requereix per tal d'aconseguir la màxima producció. És important ressaltar el fet que l'aportació de nitrogen al sòl no és directament proporcional al rendiment del cultiu.
- 4) Seguint amb la recomanació anterior, seria molt positiu que es portés a terme un estudi agronòmic, amb una certa periodicitat, per a veure els canvis en el sòl al llarg d'un any, de manera que es pogués relacionar els valors presentats en aquest treball sobre l'aquífer de la zona, amb els valors de concentracions de nitrogen i altres nutrients al sòl.
- 5) En sòls on es detecti una excedència de nitrat, es recomana realitzar una alternança de cultius. El tipus d'agricultura actual tendeix cada cop més a una agricultura intensiva que en molts casos afavoreix la sobrecàrrega de nutrients en el sòl. Es recomana seguir una dinàmica de cultius on s'alternessin els que tenen més requeriments de nitrogen amb els que en tenen menys.
- 6) Cal tenir en compte els avenços en nutrició animal que permeten una major eficiència del N de la proteïna amb que s'alimenta el bestiar. En aquest sentit, és recomanable una major implicació del sector i de l'Administració per incentivar-

ne el seu ús, ja que repercutiria favorablement en la reducció de la quantitat de N excretat pels animals.

- 7) De cara a futures analítiques de l'aigua de l'aquífer, es recomana fer el mostreig dins del conjunt de pous tenint en compte les característiques de cada pou així com el comportament anual que segueix.
- 8) Atesa la relació observada entre els dades de concentració de nitrat a la zona d'estudi i la hidrodinàmica regional, es recomana aprofundir en la interpretació dels distints comportaments observats en l'evolució dels nitrats en funció dels substrat geològic i les particularitats hidrogeològiques i agrícoles/ramaderes locals. El resultat d'aquesta anàlisi aportaria un coneixement estructurat de la dinàmica del nitrat en la zona saturada i permetria avaluar les estratègies de recuperació de la qualitat de l'aigua subterrània amb major rigor i, si s'escau, amb diferenciacions locals. Concretament, aquesta anàlisi podria aportar una cartografia de la vulnerabilitat de l'aquífer a la permanència del nitrat i definir aquelles àrees més susceptibles a la contaminació i, complementàriament, aquelles on la modificació de les pràctiques actuals pot revertir en una millora eficient de la qualitat dels recursos hidrològics.

Per acabar, creiem que actuant amb racionalitat i coherència, ampliant la formació i els coneixements sobre aquesta temàtica per part de tots els implicats, agricultors, ramaders, tècnics, empreses de fabricació i distribució de fertilitzants, fabricants de pinsos, comunitats de regants, gestors de residus i amb el suport de les Administracions, existeix la possibilitat real de recuperar les zones vulnerables on es centra aquest estudi a mig termini, fent compatible el manteniment o el creixement en el seu cas, de l'activitat agrària amb les altres activitats, sense comprometre la sostenibilitat ni el futur de les àrees afectades.



## **7. BIBLIOGRAFIA**



## 7. BIBLIOGRAFIA

Baird, Colin. 2001. *Química Ambiental*. Editorial Reverté.

Begon, M. Harper, J.L & Townsend, C. R. 1999. *Ecología, individuos, poblaciones i comunidades*. 3 edición. Ediciones Omega, SA.

Costa Alandi, C.; Cots Rubio, L. y Pascual Díaz, J.M. (1993): Importance of the alluvial aquifer of the Urgell Plain irrigation area (Catalonia, Spain). Necessity of water quality protection. *International Conference on Environmental Pollution*. Barcelona.

Gabinet Tècnic. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. *Generalitat de Catalunya. Estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya. Any 1999*

Gros, A & Dominguez Vivancos, A. 1992 *Abonos, quía practica de la fertilizacion*. 8 edición. Ediciones Mundi-Prensa

Guerrero Garcia, A. 1990. *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos*. Ediciones Mundi-Prensa

[Http://www.gencat.es/darp](http://www.gencat.es/darp)

[Http://www.idescat.es](http://www.idescat.es)

[Http://www.meteocat.com](http://www.meteocat.com)

[Http://www.miliarium.com/Monografias/Nitratos/Welcome.asp](http://www.miliarium.com/Monografias/Nitratos/Welcome.asp)

Mateu, Jaume. 1992. *Agricultura i ramaderia al Pla d'Urgell (evolució recent i perspectives)*. Pagès editors

Mateu, Jaume; Ripoll, Josep i Vallverdú, Josep. 1996. *El tresor dels Canals d'Urgell, L'aigua com a factor transformador d'un territori*. Pagès editors.

Pascual, J.M. y Bayó A. (1991): La sobreexplotación del acuífero Vicfred-Guissona (Lleida). Posibilidades de recuperación con aguas superficiales del canal de Urgell. XXIII Congreso AIH Sobreexplotación.

