

3r Congrés  
Agricultura i qualitat ambiental a Catalunya

**Avaluació del risc de contaminació per nitrats en secans semiàrids.**

Villar<sup>1</sup> P., J.M. Villar<sup>1</sup>, C. Cantero-Martinez<sup>2</sup>, P. Pérez<sup>1</sup>, F. Ferrer<sup>3</sup> i C. Stöckle<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl.  
Universitat de Lleida (UdL)  
Rovira Roure, 177 25006Lleida

<sup>2</sup> Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal.  
Universitat de Lleida (UdL)  
Rovira Roure, 177 25006Lleida

<sup>3</sup> Department of Biological Systems Engineering.  
WSU, Pullman, WA99164-6120 USA

**Resum**

L'activitat agrària de producció de cereals en zones de secà pot comportar un cert grau d'impacte sobre el medi per l'aplicació de fertilitzants químics i esmenes orgàniques, i per l'aplicació de pesticides, principalment de tipus herbicida. La fertilització nitrogenada necessària per la producció de cultius pot suposar un cert risc sobre la qualitat ambiental pels processos del nitrogen al sòl. D'aquests, el rentat de nitrats és un dels més importants. Per determinar la importància del procés de rentats de nitrats juntament amb l'experimentació de camp cal utilitzar models de simulació.

S'ha utilitzat un model de simulació i s'han generat trenta anys de condicions meteorològiques diàries per un zona de clima mediterrani semiàrid (Pluja mitjana 440 mm i relació P/ETP entre 0.2 i 0.5) utilitzant el programa Climgen (Campbell i col., 1992). Els resultats de les simulacions indiquen que únicament en 6 de cada 30 anys la quantitat de nitrogen en forma de nitrats que es mou per dessota la zona radicular supera els 10 kg/ha, amb aplicacions anuals de 120 kg/ha.

**Introducció**

Els sistemes agrícoles de producció de cereals d'hivern en condicions de secà han d'afrontar des de fa uns anys unes condicions molt difícils, quasi insostenibles, degut a la conjunció de molts factors. D'una banda, la necessitat de practicar una agricultura amb reducció de factors de producció sovint molt arrelats en el procés productiu, per reduir costos, d'altra banda, la preocupació pels temes ambientals, especialment per la conservació i el bon ús de recursos considerats escassos i no renovables per la major part de la societat.

Entre els factors de la producció sobresurt un d'especialment important, el nitrogen. Aquest macro-element essencial per ha obtenir rendiments no limitants quan la resta de factors estan més o menys sota control, esdever molt crític en condicions de seca, especialment en zones àrides i semi-àrides. Els rendiments mitjans a la zona d'estudi, per un període de 26 anys, es mostra a la taula núm. 1.

Taula núm. 1. Rendiments mitjans d'ordi a la zona (Villar, 1989).

Mitjana ( $\text{tha}^{-1}$ )	Desv. típ. ( $\text{tha}^{-1}$ )	C.V. (%)
2.15	0.65	30

Aquestes zones, i concretament la zona d'estudi localitzada a la baixa Segarra, es caracteritzen per una baixa pluviometria (<500 mm) amb una alta variabilitat, i una alta demanda evaporativa. Si avaluem el sistema des del punt de vista aigua-nitrogen podem considerar que el baix contingut d'aigua al sòl, resultat d'una escassa pluviometria, és més restrictiu sobre el rendiment que la disponibilitat de nitrogen (la taula núm 2 mostra la pluviometria mitjana durant el període de cultiu). Per aquest motiu els anys amb escassa disponibilitat d'aigua, els cereals d'hivern i més concretament l'ordi no respon a l'aplicació de fertilitzants nitrogenats, tanmateix pot haber-hi una resposta negativa (Cantero-Martinez, 1989; Villar 1989)

Taula núm. 2. Pluviometria mitjana a la zona durant el període octubre-maig (1958-1988).

Mitjana (mm)	Desv. típ. (mm)	C.V. (%)
294	93	31

El nitrogen ha sofert una important variació en el seu cost tal com s'observa a la taula núm. 3. Aquest element subvencionat en molts països, conscients del seu impacte sobre els sistemes de producció de cultius, no deixa per aixó de provocar una certa preocupació, afavorida per diferents raons. La productivitat marginal és relativament baixa (podem considerar que 3 kg d'ordi equivalen a 1kg de nitrogen al preu actual subvencionat). Aquest fet afavoreix aplicacions estandaritzades, amb dosis que prodriem considerar altes per la productivitat assolible en el sistema.

Taula núm. 3. Evolució dels preus mitjans de la Urea (46%N) pagats pels agricultors a Espanya (Estadíst. agrar. del M.A.P.A.)

Any	Ptes/kg Urea	Ptes/kg Nitrogen
1970	6.90	15.00
1975	10.60	23.00
1980	20.53	44.60
1985	41.30	89.80
1989	29.07	63.20
1990	25.77	56.00
1991	27.86	60.60

Sabem que els recursos (energia, aigua i aire) del planeta són limitats. La energia necessària per a la fabricació de fertilitzants nitrogenats representa un percentatge important de l'energia total que utilitza l'agricultura. Els nitrats degraden els subministraments d'aigua, i els òxids de nitrogen contaminen la troposfera i l'estratosfera (Blackmer, 1991). També coneixem el paper que el nitrogen, juntament amb d'altres elements essencials com el fòsfor i el potassi, tenen qualitativament i quantitativa en la producció d'aliments a nivell mundial. Els països on els criteris ambientals i la sensibilitat del medi es superior, han iniciat tasques de tipus legislatiu per racionalitzar algunes tècniques de conreu (Nychas, 1990).

Si la agricultura ha de ser sostenible en el temps hem de condiderar i avaluar aquests processos.

La comunicació es centratarà en l'avaluació del risc de contaminació per nitrats, en una zona on la susceptibilitat per contaminació ambiental es pot considerar de menys importància. A diferència dels sistemes de regadiu, amb una capa freàtica prop de la superfície associada al reg, en els sistemes de secà la presència de cursos o bosses d'aigua subterrània és menys coneguda i a profunditats generalment importants. Alguns països basen la seva subsistència en l'explotació d'aquests aqüífers, que no deixen d'ésser un recurs potencialment utilitzable en cas de necessitat.

Es pot aconseguir una millor eficiència en l'ús de fertilitzants i mantenir al mateix temps la qualitat de l'aigua subterrània, minimitzant el procés de rentat de nitrogen. L'estudi d'aquest procés en sòls de regadiu, està descrit per Elrick i Clothier (1990).

El nitrogen es mou principalment per flux de massa, aixó vol dir que es desplaça amb facilitat amb el moviment descendent de l'aigua dintre del sòl degut a un gradient de potencial. L'aigua és mou des de la superfície del sòl fins a les capes més profundes, podent en casos extraordinaris arribar als aqüífers profunds aprofitant fisures i la permeabilitat d'algunes roques o materials subyacents.

### **Comparació de dades de camp i dades simulades**

A partir d'una experiència de camp, complexa per descriure en aquesta breu comunicació, s'han utilitzat dades de la campanya 1991/92 per validar en les nostres condicions un model de simulació de cultius en fase molt avançada de desenvolupament.

Per simplificar la presentació de resultats es mostren únicament resultats parcials. En primer lloc es presenta un estudi comparatiu entre els valors mesurats (campanya 91/92) a El Canós (La Segarra) i els valors obtinguts a partir de la simulació amb el model CropSyst. Els detalls experimentals de camp estan descrits a Ferrer (1993) i els fonaments del model estan descrits per Stöckle i Nelson (1992).

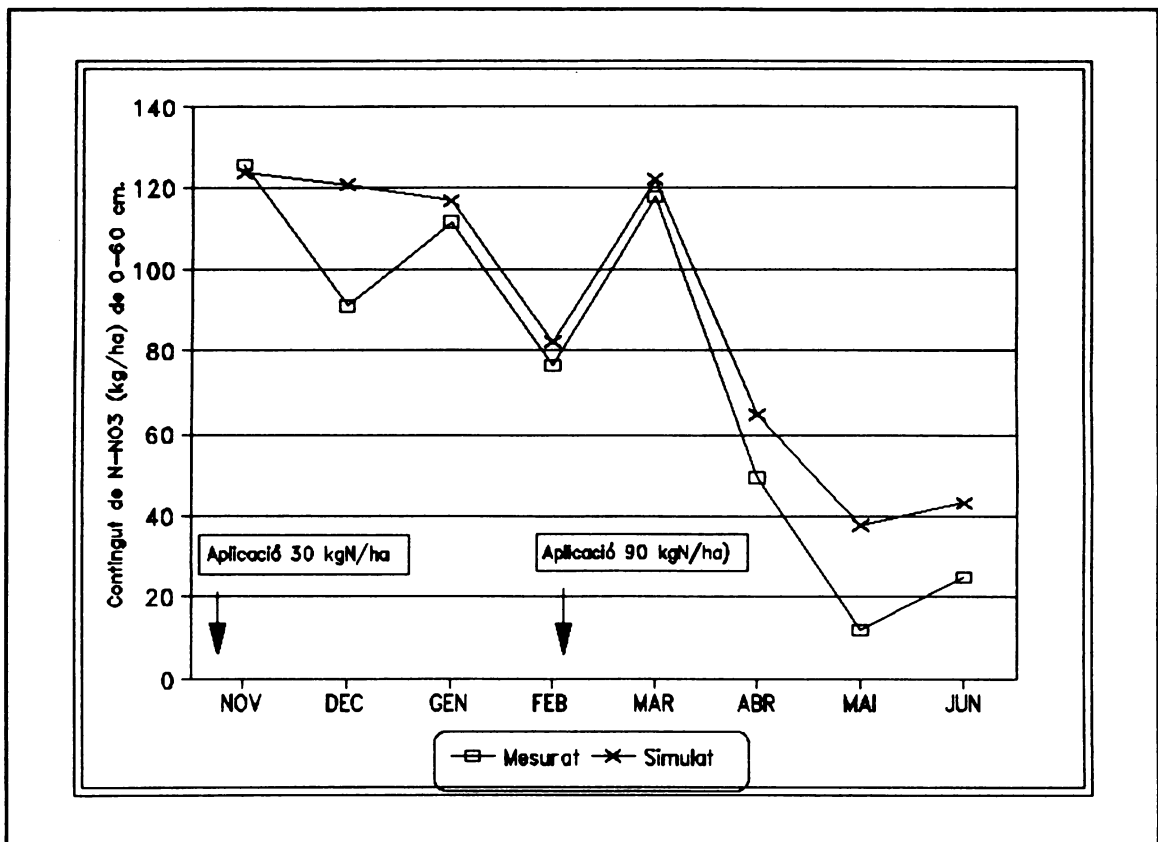


Figura núm 1. Estudi comparatiu de dades reals i dades simulades de l'evolució del contingut de nitrats en els primers 60 cm de sòl.

Es pot observar com l'evolució dels nitrats en els primers 60 cm del sòl segueix un patró similar entre els valor simulats i els reals (Figura núm 1). Això ens permet, en una primera aproximació, considerar les avantatges en la utilització del model Cropsyst per simular la dinàmica del nitrogen al sòl.

#### Condicions meteorològiques simulades.

S'ha utilitzat un programa per generar dades meteorològiques diàries a partir de la mitjana mensual i la desviació estàndard, similar a d'altres generadors climàtics. Per a més detalls consultar Campbell i Stöckle (1992), Geng et al. (1986). Amb aquest programa anomenat CLIMGEN s'han generat trenta anys de dades diàries de pluja i temperatura.

#### Model de simulació Cropsyst

Amb les condicions meteorològiques simulades, i per les condicions de medi de la zona (sòl de textura moderadament fina, secà semiàrid, i continguts inicials d'aigua i nitrogen prefixats) s'han simulat els rendiments (comparar la mitjana simulada de  $2.3 \text{ t ha}^{-1}$  amb dades mitjanes de la zona de  $2.15 \text{ t ha}^{-1}$ ) i els nitrats lixiviat per dessota els 100 cm, amb una aplicació fraccionada de nitrogen de 30 i  $90 \text{ kgN ha}^{-1}$  (Taula núm 4).

Els resultats mostren que les pèrdues mitjanes per un període de trenta anys són de 5kg de nitrogen per hectàrea i any. D'aquests trenta anys únicament en sis d'ells es superen els 10 kg de nitrats per hectàrea i any.

Nota.- (1 kgN-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> equival a 4.5 kgNO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> )

Taula núm 4. Resultats de simular el rentat de nitrats en un període de 30 anys per dessota els 100cm de sòl.

Any simulació	Pluviometria (mm) Nov-Mai	N-NO <sub>3</sub> Rentat (kg/ha) Dosi aplicada (30+90)		N-NO <sub>3</sub> (kg/ha) rentat durant tot el cicle	Rendiment (kg/ha)
		Tardor	Primavera		
		1	143		
2	428	1	5	6	2390
3	261	5	0	5	2120
4	441	3	2	5	3390
5	249	3	1	4	2240
6	251	0	0	0	2340
7	222	2	2	3	1990
8	297	3	2	5	4160
9	299	5	2	7	3240
10	289	5	2	7	2060
11	331	0	1	1	2270
12	561	6	8	14	4170
13	227	9	2	11	2170
14	201	0	0	0	1560
15	229	0	0	0	1240
16	199	5	2	7	2030
17	166	0	3	3	1510
18	611	5	16	21	6120
19	275	0	2	3	2090
20	241	0	0	0	1750
21	189	2	0	2	1750
22	282	0	2	2	2410
23	312	7	1	8	1660
24	162	0	1	1	1760
25	343	2	7	10	2470
26	286	8	3	11	2130
27	301	10	1	10	2050
28	253	0	0	0	1800
29	294	2	1	3	2090
30	329	3	5	8	2020
MITJANA	289	3	2	5	2330

## **Bibliografia**

BLACKMER, A.M. 1991. Nitrogen needs for corn in a sustainable agriculture. Dins 44th Annual Corn&Sorghum Research Conference.

CAMPBELL, G.S.; STÖCKLE C.O. 1992. Modeling the nitrogen budget. Principles and applications of cropping systems simulation models. I Curs de Post-grau organitzat pel Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. ETSEA-UdL.

CANTERO, C. 1989. Caracterización agronómica y respuesta a la fertilización nitrogenada de genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y triticale (X *tritico-secale* Wittmark) en condiciones de secano en La Segarra (Lleida). Tesis doctoral. ETSEA-UPC.

ELRICK, D.E.; B.E. CLOTHIER. 1990. Solute transport and leaching. Dins ASA-CSSA-SSSA. Irrigation of agricultural crops. Monograph nº 30.

FERRER, F. 1993. Diagnòstic dels nivells de nitrats al sòl en cultiu d'ordi d'hivern en seca semiàrid a El Canós (La Segarra). Projecte Fi de Carrera. UdL-ETSEA. Lleida.

GENG, S.; PENNING DE VRIES, F.W.T.; SUPIT, I. 1986. A simple method for generating daily rainfall data. *Agricultural and Forest Meteorology* 36:363-376.

NYCHAS, A. 1990. Fertilization and the environment. Legislative aspects in the E.E.C. Dins Merckx R., H. Verreken and Vlassak (Ed.) *Fertilization and the Environment*. Leuven University Press.

STÖCKLE, C.O.; NELSON, R. 1992. CropSyst. Cropping Systems Simulation Model. User's Manual. Draft Version 1.00. Biological Systems Engineering Department. Washington State University.

VILLAR, J.M. 1989. Evapotranspiración y productividad del agua en cebada (*Hordeum vulgare* L.) y triticale (X *tritico-secale* Wittmark) en condiciones de secano en La Segarra (Lleida). Tesis doctoral. ETSEA-UPC.