

# APROXIMACIÓ A LES CONDICIONS DEL MOVIMENT DE L'AIGUA EN UNA CONCA EXPERIMENTAL DE TORRE MARIMON

N. Cañameras, L. Dalmau, A. Hereter, R. Josa,  
A.M.C. Verdú. Departament d'Agronomia  
E. Gil. Departament d'Enginyeria Agrària  
G. Gorchs. Departament de Produccions  
Agràries

*Escola Superior d'Agricultura de Barcelona*

## Resum

Es presenten les instal·lacions de la conca hidrològica de Torre Marimon (Vallès Oriental). L'actual ús agrícola i forestal dels sòls fan que pugui considerar-se representativa de processos hidrològics de la Depressió del Vallès. És una petita conca agrícola de 27 ha, equipada per controlar la humitat del sòl, la precipitació, la intercepció de la precipitació, el nivell freàtic i l'escolament superficial.

S'inclouen els resultats del seguiment de la humitat dels sòls durant l'any 1996 d'una parcel·la de cereal, cultivada sota tres sistemes de conreu (sembra directa, treball simplificat i treball convencional). En un segon exemple s'aporten els valors de sediments recollits durant un esdeveniment puntual associat a les pràctiques de reg.

## Mots clau

Conca, hidrologia, intercepció de la pluja pel bosc, aigua del sòl, conreu

## Resumen

Se presentan las instalaciones de una cuenca hidrológica de Torre Marimon (Vallès Oriental, Barcelona). Su actual uso agrícola y forestal es frecuente en la Depresión del Vallès y los procesos hidrológicos a escala de pequeña cuenca que en ella se producen pueden considerarse representativos de la zona. Se trata de una pequeña cuenca agrícola y forestal de 27 ha, equipada para el control de la humedad del suelo, de la precipitación, de la intercepción de la precipitación por parte de la masa forestal existente, de las salidas a través del nivel freático y de la escorrentía superficial.

Se incluyen los resultados del seguimiento de la humedad del suelo durante el año 1996 de una parcela de cereal cultivado con tres sistemas de laboreo distintos (convencional, trabajo simplificado y siembra directa). Se añade un segundo ejemplo donde se aportan valores de la carga de fondo producidos durante un único evento hidrológico asociado a las prácticas de riego.

## Palabras clave

Cuenca, hidrología, intercepción, agua del suelo, sistemas de cultivo

## Abstract

The aim of this paper is to describe the instrumentation of the Torre Marimon catchment (NE Spain). This area with a present agricultural and forest land use was selected for hydrological studies as representative of Vallès hollow. The Torre Marimon catchment (27 ha) is equipped for recording soil water content, precipitation, forest interception, water table and runoff.

The results of the monitoring of the soil water content are reported for an experimental cereal crop plot under three tillage systems (no tillage, minimum and conventional). Moreover, we include the data of the recollected sediments during a punctual event due to unusual irrigation practices.

## Key words

Catchment, hydrology, rain forest interception, soil water, tillage

## Introducció

L'aigua és un factor fonamental de la producció vegetal. Les espècies vegetals necessiten poder disposar per desenvolupar-se, a més a més d'uns determinats requeriments tèrmics, d'un nombre d'hores de llum, de la presència d'oxigen i de l'aportació mineral, de la facilitat per accedir a l'aigua (bona disponibilitat d'aigua) ja que els seus processos fisiològics estan condicionats per la necessitat de poder consumir-la en condicions de poca o nul·la restricció. L'absorció de l'aigua per la planta, que es produeix segons gradients decreixents de potencial hídric entre el sòl i l'arrel, depèn principalment de les seves característiques genètiques i de les condicions del seu entorn: condicions meteorològiques i facilitat per accedir als recursos hídrics.

Les espècies vegetals manifesten importants diferències amb relació a la tolerància o sensibilitat a la deficiència d'aigua. Les plantes hidròfites exigeixen desenvolupar-se en hàbitats saturats, mentre que les xeròfites presenten mecanismes de resistència a la sequera que els permet viure en condicions d'aridesa. També presenten característiques fisiològiques i morfològiques diferenciades segons que estiguin adaptades a créixer en climes àrids o humits. Les espècies pròpies de secà solen presentar un sistema radicular profund per poder explorar un major volum de sòls i, consegüentment, poder disposar d'un major magatzem d'aigua.

En l'agricultura, les investigacions i l'experiència pràctica han demostrat que es poden obtenir importants augments en el rendiment de les collites si els conreus tenen una adequada disponibilitat hídrica. En el cas del regadiu, cal una bona programació dels regs perquè la planta disposi de la dosi correcta d'aigua en el moment adequat. En conreus de secà, a part dels programes de millora vegetal orientats a obtenir cultivars més resistents a l'estrès hídric, són diverses les línies de treball orientades a augmentar l'eficiència de les plantes en l'aprofitament de l'aigua dels sòls, sobre la base d'aplicar diferents tècniques de conreu o bé de destinar-los usos més adequats.

## Què pretenem fer?

De fet, la utilització de l'aigua per part del conreu no és més que un estadi específic de la circulació de l'aigua de la terra, un estadi de l'anomenat cicle hidrològic, que inclou diferents compartiments,

interconnectats, com són l'atmosfera, els oceans, els rius i llacs, el sòl o la vegetació. Conèixer realment l'evolució dels continguts d'aigua al llarg del temps, en cada un dels compartiments, permet establir el balanç hídric, fer una bona estimació de les necessitats del conreu i millorar la planificació del reg. El balanç hídric que s'estableix per una unitat hidrològica (o conca) sense pèrdues i per una petita conca pot expressar-se com ho fa Dunne i Leopold (1978) de la forma següent:

$$\begin{aligned} \text{Precipitació} + \text{Reg} = & \text{Intercepció de la} \\ & \text{precipitació} + \text{Evapotranspiració actual} + \text{Escolament} \\ & \text{superficial} + \text{Variació de la humitat del sòl} + \text{Variació} \\ & \text{de l'aigua enmagatzemada en el nivell freàtic} + \\ & \text{Descàrrega del nivell freàtic} \end{aligned}$$

Però no és tan immediat verificar-lo i mesurar (que no estimar) els valors que corresponen a cada compartiment del cicle, ni conèixer les característiques dels fluxos que s'estableixen entre compartiments, així com les condicions perquè s'iniciïn. Establir el balanç hídric significa saber els valors de cada un dels termes de l'equació anterior i la seva evolució temporal. El nostre objectiu es situa en aquest àmbit, arribar a poder mesurar l'evolució de l'aigua en cada un dels 8 termes de l'equació anterior en una conca agrícola (93% de la superfície conreada) de secà, encara que regada puntualment quan les necessitats hídriques dels cultius així ho demanen. Aquest objectiu genèric comporta la resolució d'objectius parcials dirigits a obtenir una informació de base tan detallada com sigui possible sobre la transferència de l'aigua entre els diferents compartiments per l'àrea de treball, ja que són moltes les variables que de forma indirecta poden influir en aquest balanç.

## On ho fem?

La conca experimental es troba a la finca Torre Marimon, en el terme municipal de Caldes de Montbui (a 1 km i escaig al S de la població), en el límit entre el Vallès Occidental i l'Oriental, a uns 30 km al NW de Barcelona. La major part de la finca s'estén al llarg del marge de la riera de Caldes. L'àrea objecte del treball es localitza en una petita conca hidrològica ocupada agrícolament. Les coordenades UTM dels extrems de l'eix de drenatge que la travessa longitudinalment són: capçalera 430.113; 4607.540 i punt de sortida: 430.903; 4607.031, amb alçades respectives

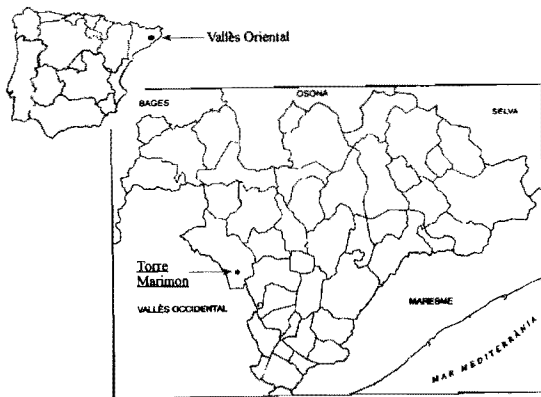


Figura 1. Localització general de la zona d'estudi

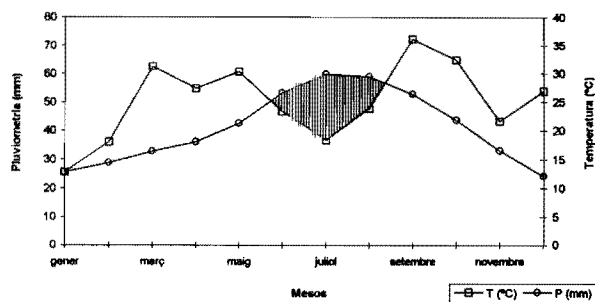


Figura 2. Diagrama ombrotèrmic de la zona. Dades de l'estació meteorològica 222. Sèrie de 1950 a 1980

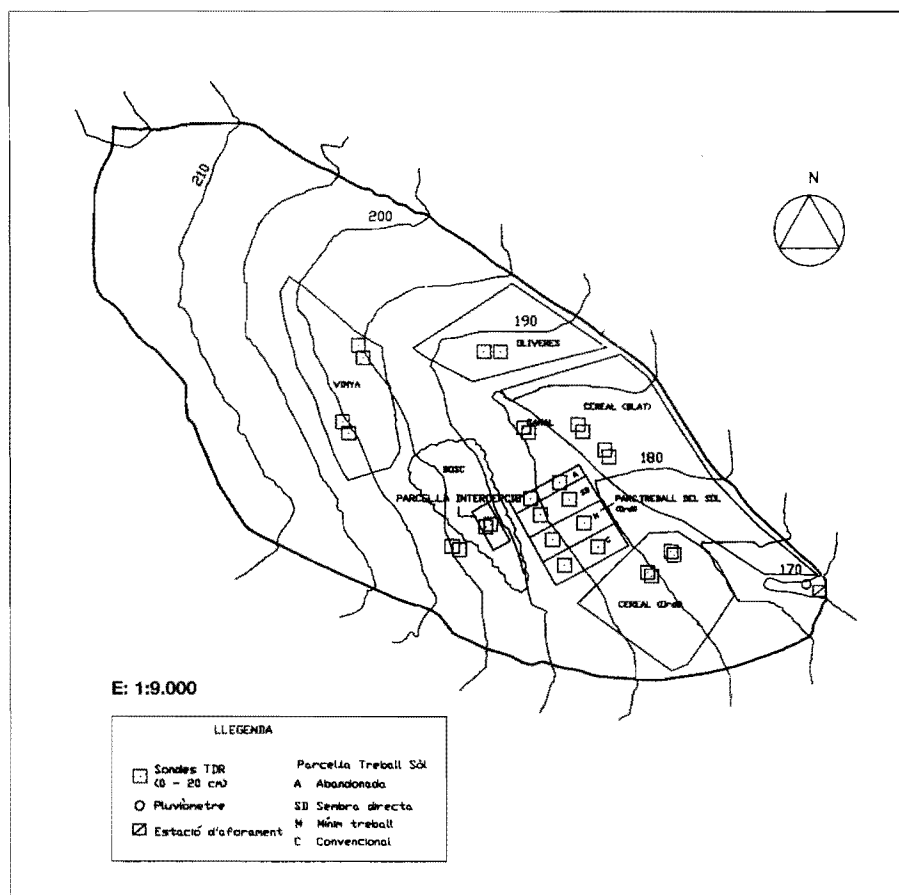
de 216 m i 168 m snm. Forma part de la conca hidrogràfica del riu Besòs del qual és un tributari d'ordre 1. Hi aporta les seves aigües a través de la riera de Caldes (tributari d'ordre 2).

Forma part del sistema mediterrani català, en concret de la Depressió Prelitoral o del Vallès-Penedès (figura 1). El substrat geològic està constituït per dipòsits de l'oligocè i del miocè (només aquests darrers afloren en superfície), concretament de la fàcies argilosa i de gresos arcòsics del vindobonià-pontjà. De la mineralogia dels dipò-

sits terciaris cal destacar la presència de minerals argilosos expandibles (tipus esmectites). La sèrie quaternària comprèn dipòsits al·luvials (recents i antics), dipòsits de peu de mont i dipòsits argil·limosos de color vermell associats a les terrasses que molt sovint comporten crostes de calcària.

El clima és mediterrani temperat (règim tèrmic temperat càlid, i el d'humitat és mediterrani sec) i amb uns 600 mm de precipitació anual mitjana (figura 2), una temperatura mitjana de 14,3 °C i una amplitud tèrmica de 17,8 °C.

Figura 3. Esquema de la conca amb la localització de les instal·lacions



**Taula 1.** Dades de la conca de Torre Marimon. Caldes de Montbui (Barcelona)

Àrea de drenatge	27,13 ha
Longitud del tàlveg	923 m
Màxima distància vertical	48 m (de 216 a 168 m snm)
Pendent del tàlveg (mitjana) 5,4%	
Pendent del tàlveg (Taylor & Schwart, 1952)	4,77%
Índex de relleu (H/L)	0,0504
Densitat de canals	0,037 canals ha <sup>-1</sup>
Densitat de drenatge	34,5 m ha <sup>-1</sup>
Corrent	És continu en l'espai i efímer en l'escala del temps.
Tàlveg	Està modificat per l'activitat humana.
Ús actual del sòl	96% agrícola, 3% forestal, 1% altres.
Textura predominant	francollimosa a francoarenosa
Classificació del sòl (STS, 1976)	Típic i Calcixeròlic. Xerocept

L'àrea de drenatge de la conca experimental (figura 3) és aproximadament de 27 ha. L'exacta localització de les divisòries d'aigua presenta algunes dificultats a conseqüència de la modificació agrícola dels pendents originals. La taula 1 recull les principals dades geomètriques, geomorfològiques i edàfiques de la conca. La major part de la conca està dedicada a l'agricultura de secà (farratgeres, oliveres i vinya), encara que una petita part està ocupada per una pineda secundària i mixta (*Pinus halepensis* i *Pinus pinea*), actualment en procés de successió reconstitutiva.

## Què i com ho mesurem?

En la conca està prevista la instal·lació d'uns equips que han de permetre recollir els valors de distribució de l'aigua en els diferents compartiments que formen part del cicle de l'aigua. Una part molt important de les instal·lacions està ja en règim de funcionament. Les instal·lacions disponibles permeten conèixer de forma no destructiva la variació de la humitat en volum del sòl entre 0 i 20 cm en 33 punts distribuïts en una xarxa de sondes per al control de la humitat del sòl. Així mateix és possible seguir la humitat del sòl fins a 90 cm en la parcel·la anomenada «treball del sòl», on des de l'any 1994 hi ha tres parcel·les on es fa el seguiment d'una rotació de lleguminosa-cereal-cereal-cereal desenvolupada sota diferents condicions de conreu.

En aquesta parcel·la també es controla la temperatura del sòl en diferents punts i a diferents fondàries.

La xarxa de 4 pluviògrafs (dos ja en funcionament) ha de permetre registrar de forma continuada la intensitat de les precipitacions i la precipitació total dels esdeveniments pluviomètrics. Aquesta xarxa és complementària de les dues estacions preexistents (estació automàtica del DARP, des del 1990, i estació núm. 222 de la xarxa de l'IMN, amb dades des del 1942). Es completa el control de les entrades per precipitació amb una estació d'intercepció de la precipitació instal·lada en la petita massa forestal que hi ha en la conca.

L'aigua d'escolament superficial generat en la conca per la precipitació o pels aportes de l'aigua de reg pot ser mesurada de forma contínua en l'estació d'aforament (Flume), igual que els sediments transportats a través del tàlveg. L'aigua desplaçada freàticament es controla en dos punts: en el pou situat enmig de la conca i en el punt d'evacuació de les aigües amb una estació piezomètrica.

De forma eventual és possible establir mesures directes de consum d'aigua gràcies a la possibilitat d'utilitzar estacions de tipus Bowen en treballs en col·laboració amb l'IJA del CSIC (Barcelona).

En resum, en la taula 2 es recullen les variables que s'estan mesurant o que en un termini breu està previst que es puguin mesurar.

## Què podem dir dels resultats?

Els resultats que hom espera obtenir estan en relació amb els objectius plantejats, és a dir, mesurar i conèixer els termes del balanç hídric i la seva evolució en l'espai-temps. Evidentment aquest és un objectiu a mitjà i llarg termini, ja que per les característiques de les variables a mesurar, aquelles només es poden obtenir de forma fiable a partir de l'anàlisi de la sèrie de dades acumulades amb el pas del temps. No obstant, a curt i mitjà termini és possible assolir objectius parcials que utilitzin amb la màxima extensió aquesta potent eina a la que es feia referència més amunt.

A tall d'exemple s'aporten els resultats de dues experiències de caire ben diferent. La primera és el resultat del seguiment del contingut hídric del sòl sotmès a diferents condicions de conreu (dades de la parcel·la de «treball del sòl»). El segon és simplement una dada puntual que mostra un petit aspecte de l'interès de conèixer alguns dels termes del balanç hídric, en el control de l'eficàcia dels sistemes de reg.

**Taula 2.** Variables a mesurar i equips

<i>Localització</i>	<i>Instruments</i>	<i>Variables</i>
Sortida de la conca	H Flume (sensor de nivell, trampa sediments, caixó d'aproximació) <sup>1</sup>	Cabal de sortida de la conca. Sediments
	Mostrejador d'aigües <sup>1/a</sup>	Composició d'aigües i sediments
	Piezòmetre <sup>1</sup>	Alçada del nivell freàtic
	Pluviòmetre <sup>1</sup>	Precipitació total, intensitat
Estació d'intercepció forestal		Trascol
		Escolament cortical
	Sondes TDR <sup>2</sup>	Humitat del sòl
Parcel·la de treball del sòl	Sondes temperatura <sup>1</sup>	Perfil temperatura del sòl fins a 90 cm Temperatura entre 0 i 20 cm
	Sondes TDR <sup>2</sup>	Perfils d'humitat del sòl fins a 90 cm
	Sonda humitat del sòl <sup>1</sup>	Humitat entre 0 i 20 cm
Parcel·la abandonada. Conjunt de la conca	Sondes TDR <sup>2</sup>	Humitat del sòl entre 0 i 20 cm
	Pluviòmetres <sup>1/a</sup>	Precipitació
	Sondes TDR <sup>2</sup>	Humitat del sòl de diferents conreus
	Sonda de nivell <sup>2</sup>	Alçada del nivell piezomètric
	Estació Bowen <sup>3/b</sup>	Evapotranspiració real

1. Registre continu. 2. Registre setmanal. 3. Registre eventual. /a. Pendent d'instal·lació. /b. Instal·lació en campanyes.

### Exemple 1. Mesura de la humitat del sòl en la parcel·la «treball del sòl»

Dins la conca en procés d'aforament, durant la campanya 93-94 es va implantar una rotació de pèsol, blat, blat i ordi cultivada amb tres sistemes de producció diferents: treball convencional, treball simplificat i sembra directa. La descripció detallada de les labors pot trobar-se en un treball de fi de carrera (Tros de Ilarduya, 1995). Les parcel·les utilitzades tenen aproximadament una superfície de 0,3 ha. En cada una d'elles es van implantar dues estacions de control de la humitat del sòl a les fondàries de 0 a 20 cm, 40 a 60 cm i de 70 a 90 cm. Des de llavors es fa un seguiment setmanal de la humitat del perfil.

Els resultats del període que va des de gener a desembre de 1996 es presenten en la figura 4, així com la pluviometria del període. El control de la humitat s'ha fet aplicant una tècnica que permet mesurar el temps de reflexió de les ones electromagnètiques en el seu desplaçament a través del sòl humit (Time Domain Reflectometry, TDR).

L'adaptació d'una tecnologia, dissenyada en

primer lloc, per al control de qualitat dels dielèctrics (aïllants) dels cables coaxials, és encara una opció força interessant d'explorar per mesurar la humitat dels sòls. Els primers treballs al voltant d'aquest tema que es troben en la bibliografia daten de 1980 (Topp, Davis i Annan), si bé hi ha treballs anteriors que s'ocupen de mesurar la relació entre la constant dielèctrica del sòl i la freqüència de les ones utilitzades (Fellner-Feldegg, 1969).

El valor de la constant dielèctrica (també dita permitivitat) d'un volum elemental del sòl és una de les propietats físiques que varien amb la humitat. Els valors marcadament diferents de la permitivitat de l'aigua (líquida), de la resta de components del sòl (minerals, matèria orgànica, aire i vapor d'aigua) fa que el rang de validesa de la tècnica sigui previsiblement molt ample.

Les dades de què es disposa fins al moment, tenint en compte que les possibles variacions de la densitat aparent dels sòls poden fer variar els continguts analitzats, permeten comentar els resultats preliminars, si més no a nivell de tendències.

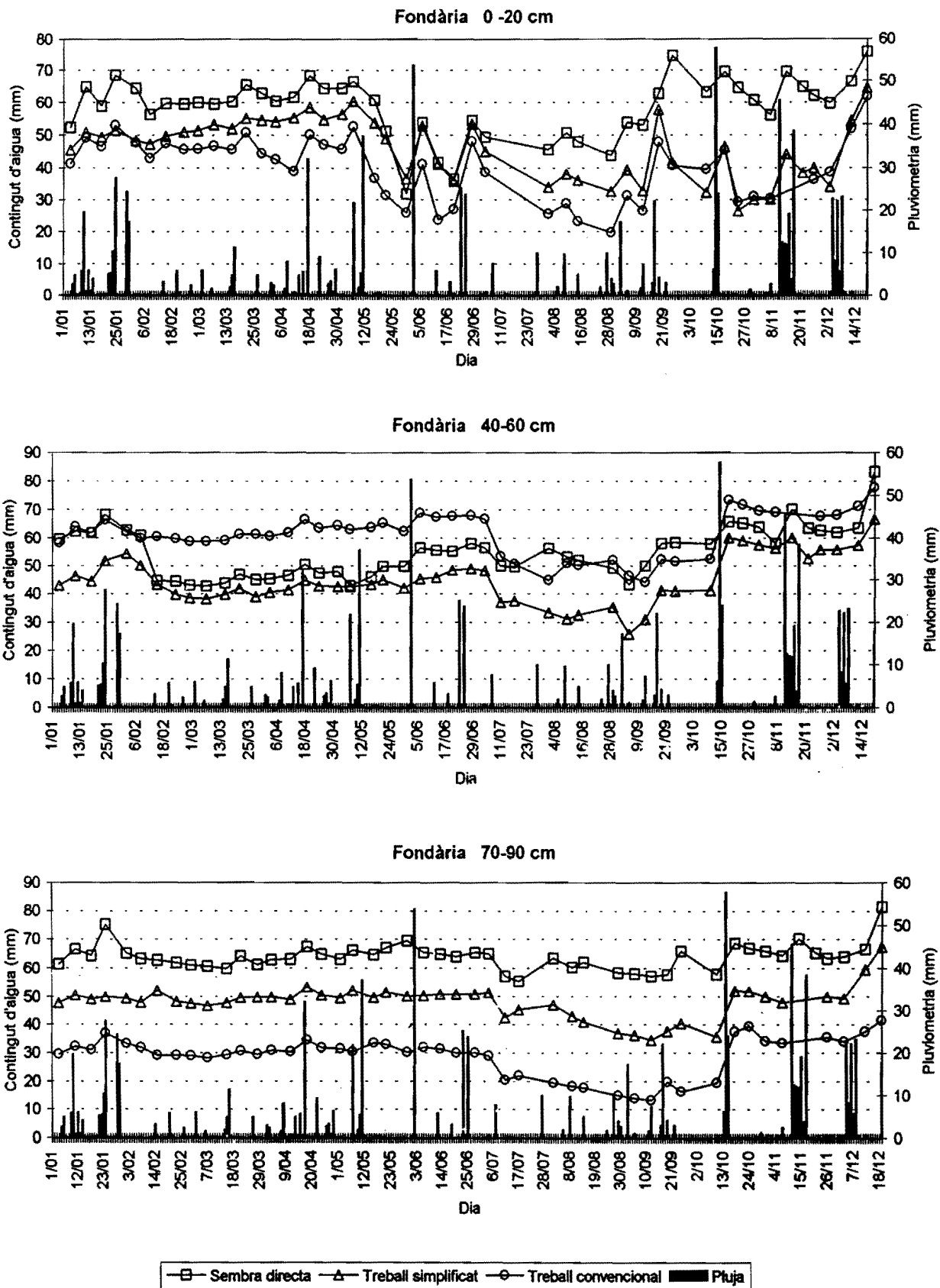


Figura 4. Evolució del contingut d'aigua (en mm) pels tres sistemes de treball del sòl

**Taula 3.** Contingut mitjà d'aigua (lm<sup>-2</sup>) per a cada període considerat de l'any 1996

Profunditat	Sembra directa		Treball simplificat		Treball convencional	
	Juny-agost	Octubre-desembre	Juny-agost	Octubre-desembre	Juny-agost	Octubre-desembre
0-20 cm	48,70	64,97	39,38	40,98	30,62	40,55
40-60 cm	53,14	65,86	38,06	58,47	54,47	71,12
70-90 cm	60,93	67,67	44,68	52,88	21,44	36,59

En una primera visió general, considerant tot l'any 1996, la pluviometria va ser de 903 mm. Els continguts mitjans d'aigua (51 dies de mesura) són significativament diferents ( $p > 0.001$ ) entre tots els tractaments, presentant els sòls amb sembra directa (SD) valors superiors als de treball simplificat (TS) i treball convencional (TC) respectivament. Les profunditats intermèdies, 40-60 cm, sense distingir el tractament del sòl, són les que acumulen més aigua mentre que els continguts en la superfície del sòl i en els horitzons més profunds són similars.

Per una altra banda, s'ha analitzat la variació en el temps de l'estat hídric dels sòls (figura 4). L'evolució dels resultats presentats mostra que es poden diferenciar diversos períodes lligats a la pluviometria de l'any 1996. Així, podem considerar el que podríem anomenar un període sec, que comprèn des de final de juny a finals d'agost (pluviometria acumulada de 52 mm), i un període humit, 217 mm, entre mitjan octubre i mitjan desembre. Els continguts d'aigua en el sòl són estadísticament diferents entre les dues èpoques, excepte en els nivells superficials de la parcel·la amb treball simplificat (taula 3). Existeix per tant una relació directa estacional entre la pluviometria i l'estat d'humitat del sòl que no afecta només els primers centímetres d'aquests. Les tendències que s'han indicat per a tot a l'any es confirmen per a cada període concret estudiat: tant en les èpoques més seques com en les més humides els sòls no treballats, en valors mitjans, presenten un contingut més alt d'aigua fins a la fondària estudiada. Possiblement com a conseqüència que la humitat del sòl a 70-90 cm en la parcel·la amb treball convencional és, com a mitjana, una tercera part i la meitat (en període sec) que en els sòls no treballats i amb treball simplificat, respectivament, a la mateixa fondària.

A un nivell més detallat, estudiant l'evolució per a cada profunditat i tenint en compte el treball realitzat (figura 4) es poden destacar els següents as-

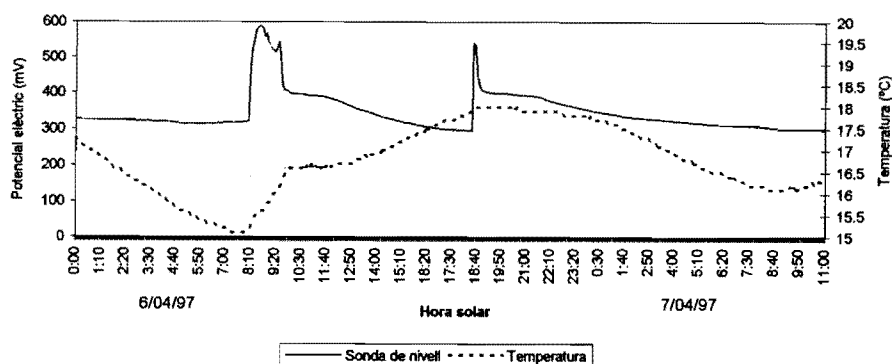
pectes: Excepte en les fondàries intermèdies, l'ordenació general del contingut d'aigua és Sembra directa > Treball simplificat > Treball convencional. Segurament el més alt contingut d'aigua a 40-60 cm en els sòls amb sistema tradicional respon al fet que és el nivell més influenciat per les alteracions físiques que ha sofert la superfície del sòl. Els continguts més variables, independentment del tractament del sòl, es presenten en els nivells superficials, reflectint les entrades d'aigua per la pluja (figura 4).

### Exemple 2. Uns efectes poc coneguts del reg

La importància del reg sobre la producció és ben conegut des de fa temps. També hi ha múltiples estudis de la incidència del maneig del sòl sobre els fenòmens d'erosió i transport dels sediments generats per l'aplicació controlada de l'aigua en els cultius. Aquests efectes, que no deixen de ser una petita simulació d'esdeveniment pluviomètric, també es possible estudiar-los en una conca com aquesta.

L'any 1997 té un nombre de dies de pluja molt baix, tot i que la precipitació acumulada no és menyspreable (pluges dels primers dies de gener). Fins al dia 14 d'abril la precipitació acumulada és de 73,5 mm caiguts durant sis dies (5 del mes de gener i 1 del mes de març). Aquest període eixut ha impedit efectuar comprovacions «in situ» de les instal·lacions destinades a aforar l'aigua d'escorrentia de la conca. La insuficient precipitació del període i l'estat fenològic del cultiu van fer aconsellable aplicar una dosi de reg de reforç als cereals que creixen en una parcel·la situada sobre la vessant est de la conca. Aquest fet, gairebé anecdòtic, ha permès obtenir algunes informacions sobre la dinàmica dels sediments arrossegats per l'aigua.

El dia 6/4/97, es va regar una part de la par-



**Figura 5.** Hidrograma del període considerat (del 6-4-97 fins al 7-4-97). Les dades de l'hidrograma estan representades en valors de potencial elèctric generats per la sonda de nivell

cel·la de cereals, fet que es va continuar els dies següents. El sistema de reg instal·lat consta d'un hidrant connectat a una canonada metàl·lica de llargada variable que trasllada l'aigua fins a un canó autodesplaçant que la distribueix. La ruptura fortuïta d'una de les juntes de la canonada principal a uns 35 m de l'estació d'aforament va generar una petita «onada» d'aigua i de sediments arrossegats que van desplaçar-se pel fons del tàlveg fins a ser detectada per l'estació. De fet en l'interval de dos dies consecutius van produir-se dues fuites (vegeu la figura 5) acumulant-se partícules arrossegades tant en la trampa de sediments com en la pròpia caixa d'aproximació al Flume. Aquest esdeveniment fortuït permet avaluar la intensitat erosiva d'uns esdeveniments puntuals, però que poden succeir.

El volum de sediment recollit com a conseqüència dels dos esdeveniments fou de 0,3 m<sup>3</sup>. Atès que el mostrejador de partícules en suspensió no està en règim de funcionament, cal considerar aquest volum com un valor inferior al real. Atenent a la superfície total de la conca (ja que no hi ha l'absoluta certesa de l'àrea afectada pel reg), significa que s'ha transportat el material equivalent a una làmina d'una superfície de 27 ha i d'un gruix de 0,001 mm. Però si atenem a la situació més probable (la superfície que ha generat el sediment transportat per l'aigua és d'aproximadament 2,5 x 37 m, es a dir uns 100 m<sup>2</sup>), la làmina de material edàfic arrossegada és d'uns 3 mm de gruix. Aquest és un valor aparentment petit però que representa una taxa d'erosió de 45 t/ha i setmana (amb una possible desviació  $\pm 15$ , segons la densitat aparent utilitzada d'entre les mesures en la conca), valor que de ser extrapolable a tota la conca fóra catastròfic.

Sense oblidar la precaució amb què cal utilitzar aquest tipus de dades per l'extrapolació que

comporten, sí que cal recordar la importància que en temes d'erosió agrícola tenen els «accidents» que es poden produir en pràctiques que són habituals. Probablement l'erosió, en ser un efecte que es caracteritza per ser acumulatiu, resulta més d'esdeveniments catastròfics a petita i mitjana escala però freqüents, que no pas d'una gran catàstrofe erosiva.

La major utilització de l'aigua que s'està fent actualment, junt amb altres possibles causes relacionades amb la circulació general de l'aigua dins el cicle hidrològic de la terra, fa que cada cop tingui major interès conèixer el contingut d'aigua que en cada moment hi ha en els diferents compartiments del cicle general i el muntant dels fluxos que s'estableixen entre ells. Actualment hi ha molts grups de treball que avancen en aquesta línia i que òbviament ho fan des del seu àmbit de treball (hidrogeòlegs, fisiòlegs vegetals, geomorfòlegs, agrònoms...). En aquest sentit la nostra vol ser una aportació a aquesta ampla tasca.

## Agraïments

Els autors aplegats en el grup de treball Unitat de Conservació del Sòl, Climatologia i Agroecologia (UCSCA) gaudeixen d'un ajut de la UE (Projecte VAHMPIRE, ENV4-CT95-0134). Els autors agraïm el suport tècnic rebut per part de F. Gallart, P. Llorens, J. Latron, C. Salvany i O. Àvila, de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, CSIC. També volem expressar el nostre reconeixement a J. Pérez i a T. Martíáñez per la seva eficient col·laboració. Per últim agraïm a M. Masip i a totes les persones dels diferents serveis de la Diputació localitzats a Torre Marimon i a l'ESAB, que d'una forma o altra ens han donat un cop de mà.



## Bibliografia

---

FELLNER-FELDEG, H. R. (1969). «The measurement of dielectrics in the time-domain». *J. Phys. Chem.* 73: 616-623.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. (1943). *Water in environmental planning*. Ed. W. H. Freeman and Company, 818 p. (revisió de 1978).

QUERALT, L. (1995). «Caracterització agroclimàtica i de l'erosivitat de Caldes de Montbui». TFC, ESAB.

ROMERO SERRA, J. (1984). «Estudi de la producció agri-

cola i ramadera del Vallès Occidental: Diagnòstic i alternatives». TFC, ESAB.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. (1980). «Electromagnetic determination of soil water content using TDR: I. Applications to wetting fronts and steep gradients». *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 672-684.

TROS DE ILARDUYA SAU, X. (1995). «Influencia del laboreo sobre el cultivo de cereales de invierno y guisante proteaginoso». TFC, ESAB.