

Règims d'humitat dels sòls: interès i problemàtica en l'aplicació als sòls de Catalunya

Eusebi Jarauta*, Jaume Porta** & Jaume Boixadera**,***

Resum

El règim d'humitat d'un sòl constitueix un condicionant pel seu ús agrícola, paisatgístic o forestal. Aquest fet ha portat a voler considerar aquesta informació a l'hora de dominar un sòl, per tal que els usuaris de mapes de sòls es puguin situar immediatament en consultar la llegenda d'un mapa concret.

La determinació del règim d'humitat dels sòls planteja seriosos problemes per manca de mesures referents a perfils hídrics al llarg de l'any, mesures gens habituals als observatoris meteorològics. En el present treball s'analitza el model de Newhall per estimar el règim d'humitat dels sòls, i es discuteixen les seves deficiències quan s'aplica a una zona amb règim de pluges de tipus mediterrani. Finalment, s'estableixen les bases per modificar l'esmentat model, que han servit per desenvolupar el model Newhall-Jarauta.

MOTS CLAU: Sòls, règims d'humitat, classificació de sòls, models de simulació, Catalunya.

Abstract

Soil moisture regimes: Interest and problems when applied to Catalonia soils.

Climate was first used in soil classification but now some of the most widespread schemes use another approach: the soil moisture and temperature regimes. Soil Taxonomy (S.S.S., 1960, 1975, 1990) introduced those concepts because they play a key role in land use suitability. Very few places exist where soil moisture regime has been measured by field records, so estimation is needed. Currently NEWHALL'S (1976) model is used to estimate the moisture regime, but when it is applied in a semiarid area with winter rainfall, misleading results appear. The main lines for the design of a new simulation model for soil moisture estimation (JARAUTA, 1989) able to give better soil moisture regimes estimation, are presented. Also, measured results and estimated ones from both models (NEWHALL, 1976 and JARAUTA, 1989) are compared.

KEYWORDS: Soils, moisture regimes, soil taxonomy, simulation models, Catalonia.

* Dept. de Matemàtica Aplicada III. E.T.S. d'Enginyers de Camins. Universitat Politècnica de Catalunya. C. Gran Capità, s/n. 08034 - Barcelona.

** Dept. de Meteorologia i Ciència del Sòl. E.T.S. d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. Avgda. A. Rovira Roure, 177. 25006 - Lleida.

*** Secció de Sòls i Fertilitzants del Servei d'Agricultura (DARP). Avgda. A. Rovira Roure, 177. 25006 - Lleida.

Introducció

En els estudis de gènesi de sòls, partint de l'enfocament ambientalista introduït per DO-KUCHAIEV (1898), s'ha donat una gran importància al clima com a factor formador o factor de control de la formació del sòl. La teoria climàtica dels sòls, avui superada per la manca de base real (HARRIS, 1968), havia portat a introduir el concepte de zonalitat per explicar la distribució dels sòls i per basar-hi els esquemes inicials de classificació com ara els de SIBIRTSEV (1901), que dividí els sòls en zonals, intrazonals i azonals. La simplicitat del model va fer que tingués acceptació i fos adoptat per diversos autors del principi de segle (MARBUT, 1927; BALDWIN *et al.*, 1938), si bé posteriorment aquest enfocament va anar deixant de ser recollit en els nous esquemes de classificació (H. DEL VILLAR, 1937; KUBIENA, 1952; THORP *et al.*, 1949; AUVERT *et al.* 1956, entre d'altres).

La Soil Taxonomy (S.S.S. 1960) introduí el concepte de règim com a criteri taxonòmic. Es defineixen els règims d'humitat i els de temperatura en considerar que estan en íntima relació amb l'ús del sòl i amb el creixement de les plantes. Aquest enfocament aplicat, que busca relacionar les propietats dels sòls amb l'aptitud per a diferents usos, significa abandonar els criteris de sistemes taxonòmics anteriors, la preocupació dels quals residia a establir relacions entre el clima actual o els del passat, la gènesi i la morfologia del sòl. Alguns autors, des d'aquesta òptica purament genètica, han interpretat que l'enfocament adoptat per la Soil Taxonomy podia pretendre una monogènesi universal dels sòls, crítica que no és acceptable ja que el que pretén la Soil Taxonomy és ser una classificació per interpretar la resposta a diferents usos del sòl, emprant com a criteris taxonòmics aquells que estan més relacionats amb el component del sòl en relació amb el seu ús i, sempre que sigui possi-

ble, utilitzant paràmetres mesurables (PORTA, 1985).

Els sistemes de classificació actuals, si bé tenen en compte el clima com a criteri, l'introdueixen a diferents nivells taxonòmics, cosa que també fa la Soil Taxonomy. La classificació de la Comisión de Pédologie et Cartographie des Sols, de França (CPCS, 1967), utilitza de forma genèrica el clima per designar algunes subclasses i grups, sense entrar en especificacions concretes; NORTH-COTE (1965), a Austràlia, no utilitza criteris basats en el clima; el sistema canadenc (CSSC, 1978) introdueix un índex d'humitat climàtica que és utilitzat a nivell de família. En la definició de les unitats de sòl, FAO-UNESCO (1974) utilitza únicament el règim d'humitat arídic per separar els xerosòls i yermosòls de la resta d'unitats; en la darrera versió de les dites unitats (FAO, 1988) no es tenen en compte les diferències en la temperatura i la humitat dels sòls, considerant que aquesta informació s'hauria de sobreposar a la continguda en els mapes de sòls; FAUCK *et al.* (1979) proposen un nou sistema de classificació en el qual el règim d'humitat és utilitzat a nivell de fase; la classificació russa (DISS, 1987) continua amb els criteris basats en la zonabilitat i considera el règim tèrmic per establir subtipus. La disparitat de criteris és, com es pot veure, força notable.

El principal problema de la utilització dels règims d'humitat i de temperatura del sòl com a criteri taxonòmic resideix a poder disposar de dades mesurades al camp. Les mesures directes exigeixen treballs de camp que, si bé no són gaire complicats, s'han de fer de forma continuada al llarg d'una sèrie d'anys. Les mesures directes són, per tant, cares i lentes d'obtenir. Aquest fet va portar a treballar basant-se en estimacions indirectes de l'estat d'humitat del sòl al llarg de l'any. D'una manera molt grollera, poden fer-se a partir dels diagrames ombrotèrmics; d'una manera més precisa, a partir del ba-

lanç hídric o bé a partir de models que simulen l'entrada i l'extracció d'aigua del sòl a partir de dades meteorològiques, com en el cas del model NEWHALL (1972, 1976). Aquesta metodologia, malgrat que és recomanada per la Soil Taxonomy (S.S.S., 1975), quan ha estat aplicada a determinades zones de Catalunya ha donat lloc a resultats que no concorden amb el règim d'humitat que és inferible a partir d'observacions sobre les comunitats vegetals i els cultius presents en aquestes zones, ni amb la seva resposta.

Les desviacions més grans en les estimacions del règim d'humitat han estat observades allà on es produeixen plugues a l'hivern, que fan possible el cultiu de cereals, i les plugues d'estiu són poc abundoses, mal distribuïdes i d'elevada intensitat, cosa que fa disminuir la seva eficàcia de cara a augmentar la reserva d'aigua al sòl, en perdre's parcialment per escolament superficial. Els cultius d'estiu en aquests indrets només són possibles si es disposa de reg.

En el present treball, es discuteixen els problemes que presenta el mètode de Newhall en la seva aplicació a l'àrea meridional de Lleida (les Garrigues-Segrià), límit entre la zona semiàrida mediterrània i la més àrida que s'estén cap a l'Aragó. S'estableixen les bases per a un nou model de simulació que permeti estimar d'una manera més precisa el règim d'humitat dels sòls a zones semiàrides.

Els règims d'humitat segons la Soil Taxonomy (S.S.S., 1975)

El règim d'humitat fa referència a la presència o l'absència d'aigua disponible per a les plantes dintre d'un volum de sòl, la secció de control d'humitat. Aquesta ha estat definida de manera que els límits superior i inferior delimitin la zona de màxim arrelament. El seu contingut d'humitat està més in-

fluït per les variacions al llarg de l'any, que no pas per les variacions d'un dia a l'altre, produïdes per pluges de poca quantitat, que humitegen únicament els primers centímetres del sòl i que aporten un volum d'aigua molt petit per al creixement de les plantes. Els límits de la secció de control han de ser establerts per a cada sòl per tenir en compte factors com ara la textura, presència d'elements grossos, profunditat i estructura del sòl entre d'altres factors (taula I).

Els estats d'humitat de la secció de control són sec, humit i saturat. La secció de control es considera seca (D) quan l'aigua que conté es troba a un potencial matricial igual o inferior a -1.500 kPa; és a dir, «sec» no vol dir «sec a l'aire» ni tampoc sec a 105 °C, com es considera correntment en anàlisi de laboratori. Una aigua a aquests potencials no és disponible per a les plantes mesofíti-ques. La secció de control és humida (M) quan té aigua a potencials matricials superiors a -1.500 kPa. Quan està saturada el potencial matricial és zero. La determinació de la durada de cada estada d'humitat permet arribar a establir el règim d'humitat d'un sòl. A la taula II es presenten els règims d'humitat, tal com són definits a la Soil Taxonomy (S.S.S., 1975, 1990), recollint per als règims ústic, údid i xèric les subdivisions proposades per GASCO *et al.* (1978) i excepte el règim àquic, caracteritzat per la saturació del sòl per l'aigua i la manca d'oxigen.

El model de simulació de Newhall

A la taula III es resumeixen les característiques de disseny del model de NEWHALL (1976), que fou dissenyat d'acord amb els mitjans tecnològics disponibles en aquell moment.

TAULA I. Límits de la secció de control (cm des de la superfície) determinats en diversos punts de control de l'àrea meridional de Lleida (JARAUTA, 1989).

Some limits of the moisture section control, determined in several benchmark sites in southern Lleida (JARAUTA, 1989).

Punt de Control		Límit superior (cm)	Límit inferior (cm)	Data de determinació
ALB-1	Albagés	14	55	Ago-85
ALC-1	Alcanó	20	65	Ago-85
ALM-1	Almatret	8	18	Jul-85 ¹
BOR-1	Borges Blanques	13	35	Ago-85
BOR-2	Borges Blanques	10	30	Ago-85
CAS-1	Castellans	15	40	Ago-85
CAS-2	Castellans	14	50	Ago-85
CER-1	Cervià	17	40	Ago-85
ETR-1	Els Torms	12	50	Ago-85
JUN-1	Juncosa	13	25	Jul-85 ²
LGR-1	La Granadella	12	35	Jul-85
LGR-2	La Granadella	19	35	Jul-85
LLA-2	Llardecans	17	35	Jul-85
LLA-3	Llardecans	15	55	Jul-85
LLA-4	Llardecans	13	60	Jul-85
MAI-2	Maials	12	55	Jul-85
SAR-1	Sarroca	12	45	Ago-85
SAR-3	Sarroca	9	60	Ago-85
SOL-1	Soleràs	14	45	Jul-85
SUN-2	Sunyer	10	20	Jul-85 ³
TOR-1	Torrebeses	16	35	Ago-85
VIN-1	Vinaixa	15	40	Ago-85

1. Contacte lític a 18 cm

2. Contacte lític a 25 cm

3. Horitzó petrocàlcic a 20-25 cm

Discussió del model de Newhall

A nivell general

A la vista de les característiques de disseny del model poden formular-se les següents observacions de caràcter general:

1. *Modelització del perfil.* Els sòls reals no són uniformes ni tenen tots la mateixa capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD) i per això, en un model de simulació cal preveure mecanismes que permetin adaptar-se a les característiques del sòl de la zona a la qual es vol aplicar.

2. *Quantitat d'aigua entrada en el perfil.* La diferent intensitat de les precipitacions comporta unes diferències respecte a la infiltració: per tant, quan l'escolament superficial sigui molt importnat, cal poder tenir-ho

en compte per tal de corregir la precipitació amb un coeficient.

3. *Mecanisme d'entrada d'aigua.* En molts casos es disposa de dades de precipitació diària a més de la precipitació total mensual, cosa que permet augmentar la fiabilitat de les estimacions de l'estat hídric del sòl. En conseqüència, és molt convenient que un model de simulació pugui tractar ambdós tipus de dades.

4. *Quantitat d'aigua evapotranspirada.* Actualment es disposa de fórmules més precises que la de THORNTHWAITE (1945) per tal d'avaluar l'aigua evapotranspirada, per exemple el mètode de Blaney-Criddle (DOORENBOS *et al.*, 1977).

5. *Seqüència d'entrada i sortida d'aigua.* Les característiques singulars dels diferents tipus de sòls fan que no hi hagi unes seqüèn-

TAULA II. Règims d'humitat segons la Soil Taxonomy: equacions lògiques i percentatge de compliment dels criteris.

Soil moisture regimes according Soil Taxonomy: logical equations and percentage of criteria.

	<i>Règ. humitat</i>	<i>Equació lògica</i>
1. Àrees fredes i temperades $T_m \leq 22\text{ }^\circ\text{C}$ i $\delta > 5\text{ }^\circ\text{C}$	Àridic-1 Údic-1 Ústic-1-I Ústic-1-II Xèric-I Xèric-II Xèric-III	(A=1) i (B=0) (C=0) i (D=0) (A=0) i (C=0) i (D=0) i (E=1) (A=0) i (C=1) i (E=0) (A=0) i (B=0) i (D=1) i (E=1) (A=1) i (B=1) i (D=1) i (E=1) (A=0) i (B=1) i (D=1) i (E=1)
2. Àrees tropicals $T_m > 22\text{ }^\circ\text{C}$ i/o $\delta \leq 5\text{ }^\circ\text{C}$	Àridic-2 Údic-2 Ústic-2-I Ústic-2-II Ústic-2-III	(A=1) i (B=0) (C=0) (C=1) i (F=1) (C=1) i (F=0) (C=1) i (F=1) i (G=1)

<i>Règim d'humitat</i>	<i>Temperatura sòl a 50 cm</i>	<i>Crit. Soil Taxonomy (% de compliment)</i>						
		A	B	C	D	E	F	G
Àridic		>50	≤ 50					
Údic ¹	$T_m < 22\text{ }^\circ\text{C}$ i $T_e - T_h \geq 5\text{ }^\circ\text{C}$			≤ 50	<60			
Údic ²	$T_m \geq 22\text{ }^\circ\text{C}$ i/o $T_e - T_h < 5\text{ }^\circ\text{C}$			≤ 50				
Ústic ¹ - I - II	$T_m < 22\text{ }^\circ\text{C}$ i $T_e - T_h \geq 5\text{ }^\circ\text{C}$	≤ 50 ≤ 50		>50 >50	<60	≥60 <60		
Ústic ² - I - II	$T_m \geq 22\text{ }^\circ\text{C}$ i/o $T_e - T_h < 5\text{ }^\circ\text{C}$			>50 >50			>50	>50
Xèric - I - II - III	$T_m < 22\text{ }^\circ\text{C}$ i $T_e - T_h \geq 5\text{ }^\circ\text{C}$	≤ 50 ≤ 50	≥ 60 ≥ 60		≥ 60 ≥ 60	≥ 60 ≥ 60		

Estats de la secció de control

A = Seca > = de la meitat dels dies acumulats amb temp. sòl. > 5 °C

B = Humida tot. o parc. 90 dies consec. o més amb temp. sòl > 8 °C

C = Seca o parc. seca 90 dies acumulats o més

D = Seca > = 45 dies consec. en els 4 mesos seg. solst. estiu.

E = Humida > = 45 dies consec. en els 4 mesos seg. solst. hivern

F = Parcialment humida 180 dies acumulats o més

G = Parcialment humida 90 dies consecutius o mes

T_m = Temperatura mitjana anyal del sòl a 50 cm

T_e = Temp. mitjana del sòl a l'estiu; T_h = Id. Id. a l'hivern

δ = $T_e - T_h$

(Equació lògica = 1), vol dir que es compleix

(Equació lògica = 0), vol dir que no es compleix

TAULA III. Característiques de disseny del model de NEWHALL (1976)

Features of the NEWHALL'S (1976) model

<i>Elements de disseny</i>	<i>Característiques</i>
Modelització del perfil del sòl	Perfil homogeni, isòtrop, ben drenat, de 200 mm de capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD), dividit en 8×8=64 caselles d'identica capacitat (les files segona i tercera constitueixen la secció de control d'humitat).
Quantitat d'aigua infiltrada en el sòl	Tota la precipitació mensual.
Quantitat d'aigua evapotranspirada	Fórmula de THORNTHWAITE (1945).
Seqüència d'ompliment del perfil	Per caselles d'esquerra a dreta i de dalt a baix. Universal, fixa per a tots els tipus de sòls.
Seqüència de buidatge del perfil	Per diagonals, d'esquerra a dreta i de dalt a baix (fixa).
Mecanisme d'entrada d'aigua en el perfil	Tres entrades de precipitació al mes: la meitat el dia 15 i les altres dues parts iguals els dies 1 i 16. No possibilitat d'utilitzar dades de precipitació diària.
Càlcul del règim d'humitat del sòl	Criteris de Soil Taxonomy (1975)

cies universals d'entrada i sortida d'aigua, tant pel que fa al procés d'infiltració com pel que fa al d'evapotranspiració, cosa que s'ha de tenir en compte en un model, encara que sigui d'una manera simplificada.

En la seva aplicació als sòls de Catalunya

El resultat de l'aplicació estricta del mo-

del Newhall a l'estimació del règim d'humitat dels sòls de Catalunya segons TAVERNIER *et al.* (1976) indica l'existència del règim údic a la part nord, una zona amb règim xèric a la part central i a la costa sud i la resta correspondria el règim ústic. LÁZARO *et al.* (1978) matisen aquests resultats, localitzant el règim údic a la part nord, l'ústic a una part de la costa sud i a les comarques pre-pirinenques i el règim xèric a la resta de Catalunya.

L'aplicació del model de Newhall a dotze sèries de dades de l'àrea meridional de Lleida (JARAUTA, 1988) indica que, segons aquest model, la zona tindria règim ústic, cosa que no resulta acceptable (PORTA *et al.*, 1982) d'acord amb l'estudi de la vegetació natural i la resposta dels cultius.

Bases per a un nou model de simulació per a estimar el règim d'humitat d'un sòl

Protocol experimental

Per tal de validar i calibrar qualsevol model de simulació, cal disposar d'una gran quantitat de mesures de camp. La metodologia per a aquest treball experimental ha de contemplar necessàriament:

- Selecció de sòls de referència per tal d'estudiar unitats de sòls que siguin representatives i que permetin interpolar i extrapolar els resultats.
- Determinació de la secció de control d'humitat de cada sòl de referència mitjançant el mètode del doble anell (BOWER, 1986) en un moment de l'any en què el sòl estigui en estat «sec».
- Determinació dels continguts d'aigua del perfil periòdicament, pel mètode gravimètric (GARDNER, 1986).
- Mesura de la temperatura del sòl a 50 cm, periòdicament.

TAULA IV. Estat de la secció de control d'humitat en el punt de control SUN-2 durant l'any 1988, determinat per interpolació de dades de camp. (JARAUTA, 1989).

Soil moisture control section status at site SUN-2 in year 1988; (days without measured field data are estimated by interpolation). JARAUTA, 1989.

	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DES
1	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	B	B
2	M	M	M	B	D	D	D	D	D	B	B	B
3	M	M	M	B	D	D	D	D	D	B	B	B
4	M	M	M	B	D	D	D	D	D	B	B	B
5	M	M	M	B	D	D	D	D	D	B	B	B
6	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	B	B
7	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	B	B
8	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	B	B
9	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	M	B
10	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	M	B
11	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	M	B
12	M	M	M	B	D	D	D	D	B	B	M	B
13	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
14	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
15	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
16	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
17	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
18	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
19	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
20	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	M	B
21	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B
22	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B
23	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B
24	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B
25	M	M	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B
27	M	M	B	B	D	D	D	B	B	B	B	B
28	M	M	B	B	D	D	D	B	B	B	B	B
29	M	*	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B
30	M	*	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B
31	M	*	B	*	D	*	D	B	*	B	*	B

M = Secció de control d'humitat totalment humida
 B = Secció de control d'humitat parcialment humida
 D = Secció de control d'humitat totalment seca

e) Determinació al laboratori dels continguts d'aigua a -1.500 kPa (KLUTE, 1986).

Resultats experimentals

A la taula IV es representa l'estat diari de la secció de control d'humitat determinat experimentalment (JARAUTA, 1989) durant l'any 1988 en un dels punts de control de l'àrea meridional de Lleida, mitjançant la interpolació de dades de camp corresponents a

perfils hídrics determinats al llarg de l'any cada 7-10 dies.

A partir de la informació de camp sobre l'estat de la secció de control al llarg de l'any i de la temperatura del sòl a 50 cm, és possible determinar el règim d'humitat del sòl a cada un dels punts de control seleccionats. A la taula V es representen els resultats dels règims de dos punts de control de l'àrea meridional de Lleida, determinats amb dades dels anys 1985 a 1990 (JARAUTA, 1991).

TAULA V. Estats d'humitat de la secció de control determinats experimentalment en els punts de control, d'acord amb els criteris de la Soil Taxonomy (JARAUTA, 1991).

Soil moisture status for benchmark sites SAR-3 and SUN-2 from field data, according to Soil Taxonomy criteria (JARAUTA, 1991)

Punt de control	any	Criteris Soil Taxonomy					Règim d'humitat
		A	B	C	D	E	
SAR-3	1985	0	0	1	1	1	Xèric-I
	1986	0	0	1	1	1	
	1987	0	0	1	1	1	
	1988	0	0	1	1	1	
	1989	1	0	1	1	1	
	1990	1	0	1	1	1	
SUN-2	1985	1	0	1	1	1	Àridic-I
	1986	1	0	1	1	0	
	1987	0	0	1	1	1	
	1988	0	0	1	1	1	
	1989	1	0	1	1	1	
	1990	1	0	1	1	1	

Disseny d'un nou model

L'experiència obtinguda de l'aplicació del model de Newhall i de l'examen de les exigències a què hauria de respondre un nou model, han contribuït a definir les característiques que hauria de presentar aquest model i que s'exposen tot seguit.

Tenint en compte que en els sòls reals es poden presentar perfils de diferent capacitat de retenció d'aigua disponible, s'ha de preveure la utilització de diferents perfils per adaptar-se a les condicions reals dels sòls de la zona a estudiar. Per consegüent, cal considerar com a variable de disseny la numeració de les caselles en què es divideix el perfil.

Amb la finalitat de poder utilitzar dades de precipitació diària i de precipitació mensual, s'ha de dissenyar un mecanisme de simulació de l'entrada d'aigua en el sòl que pugui utilitzar ambdues fonts d'informació. Si s'utilitzen dades de precipitació mensual i es disposa també de dades d'infiltració de les precipitacions, seria molt important poder calcular la precipitació mensual corregida, és a dir, la quantitat d'aigua que realment s'infiltra en el sòl.

Per al càlcul de la quantitat d'aigua que s'extreu del perfil per evapotranspiració, és convenient utilitzar fórmules més precises que la de THORNTHWAIT (1945). Una possible fórmula, que compagina les característiques de precisió i simplicitat és la de BLANEY-CRIDDLE (1952), modificada per DOORENBOS *et al.* (1977). Per tal de validar aquests models de simulació, és imprescindible emprar una fórmula que permeti el càlcul de l'evapotranspiració real.

Partint del fet que els processos d'infiltració i d'evapotranspiració no es realitzen de manera idèntica en tots els sòls, s'ha d'utilitzar la variable de numeració de les caselles del perfil per definir la seqüència més adient per a ambdós mecanismes. La seqüència concreta a utilitzar en l'aplicació del model s'ha de determinar a partir de la corba característica de retenció d'humitat del sòl (potencial matricial-contingut d'aigua).

L'estimació de la temperatura del sòl a 50 cm és convenient realitzar-la a partir de la temperatura mitjana mensual de l'aire, tenint en compte les diferències observades experimentalment o estimades teòricament. El programa informàtic que executa el model

de simulació ha de ser de fàcil instal·lació en un ordinador personal.

En finalitzar el procés d'aplicació del model de simulació s'han d'obtenir, com a mínim, els resultats següents:

- dades corresponents al procés realitzat, amb indicació del compliment de les diferents equacions lògiques;
- règim d'humitat resultant per a la sèrie.

A la taula VI es resumeixen les característiques de disseny del model matemàtic de simulació proposat per JARAUTA (1989) que permet estimar el règim d'humitat dels sòls i que és aplicable satisfactòriament a sòls de zones semiàrides. Aquest model compleix els requisits esmentats anteriorment.

Conclusions

El model proposat per JARAUTA (1989) permet recollir el fet que en àrees de transició entre dos règims d'humitat (per exemple xèric-arídric, ústic-arídric, etc.) els sòls poden tenir un o altre règim d'humitat segons quines siguin les seves propietats.

El model de simulació JARAUTA (1989) permet prendre en consideració les propietats i característiques de cada sòl que influeixen en el seu règim d'humitat, que posseeixen els diferents sòls d'una àrea geogràfica. Això significa una millora important en el sentit d'augmentar la capacitat predictiva de la informació de sòls i està dins de la línia dels conceptes que serveixen per a desenvolupar la Soil Taxonomy.

Les necessitats d'*inputs* del model JARAUTA (1989) són baixes i no ultrapassen la informació que usualment s'obté en realitzar una cartografia detallada (1 : 25.000 o més gran) de sòls. D'altra banda, la complexitat del model no és gran i és fàcil d'instal·lar a qualsevol ordinador personal compatible.

TAULA VI. Característiques de disseny del model proposat per JARAUTA (1989) per a estimar el règim d'humitat dels sòls.

Features of the model proposed by JARAUTA (1989) for soil moisture regime estimation.

<i>Elements de disseny</i>	<i>Característiques</i>
Modelització del perfil del sòl	Perfil homogeni, no isòtrop, ben drenat, de capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD) variable adaptada a les característiques dels sòls.
Quantitat d'aigua infiltrada en el sòl	La precipitació mensual corregida tenint en compte l'eficàcia de les precipitacions. Possibilitat d'emprar dades de precipitació diària.
Quantitat d'aigua evaporada	Adaptació del model de Blaney-Criddle, segons DOORENBOS <i>et al.</i> (1977).
Seqüència d'ompliment del perfil	Adaptable a les característiques dels sòls, amb una seqüència de referència.
Seqüència de buidatge del perfil	Adaptable a les característiques dels sòls, amb una seqüència de referència.
Mecanisme d'entrada d'aigua en el perfil	Entrada diària de la precipitació que correspongui (dades de precipitació diària). La meitat de la precipitació total mensual el dia 15 i la resta repartida en quantitats iguals per a cada dia (dades de precipitació mensual).
Càlcul del règim d'humitat del sòl	Criteris de Soil Taxonomy (1975) eliminant la coincidència de subtipus.

Bibliografia

- ALBERT, G. & DUCHAUFOR, P. 1956. Projet de classification dels sols. C.H. 6ème Cong. Ind. Sci. Sol. Paris: 597-604.
- BALDWIN, M., KELLOG, C.E. & THORP, J. 1938. Soil classification. *USDA Yearbook*: 979-1001.
- BOUWER, R. H. 1986. Intake rate; cylinder infiltrometer. In: *Methods of Soil Analysis* (A. Klute, ed.) I: 825-844. ASA, SSSA Madison.
- CANADA SOIL SURVEY COMMITTEE, CSSC. 1978. *The Canadian system of Soil Classification*. Com. Dep. Agr. Publi. Ottawa.
- COMMISSION DE PEDOLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES SOLS (CPSC). 1967. *Classification des sols*. ENSA, Grignon.
- DOKUCHAIEV, V.V. 1898. *Writings* (en rus). 6: 381. 1951 Akad. Nauk. Moscow.
- DOKUCHAIEV INSTITUTE OF SOIL SCIENCE. 1987. *Classification and Diagnostics of Soils of the USSR*. Balkema. Rotterdam.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. *Estudios FAO riego y drenaje*, 24.
- ELIAS, F. & IBÁÑEZ, V. 1979. Comparación de los dos modelos matemáticos para estimar el régimen de humedad de un suelo. *Anales INIA*, 6: 49-60.
- FAO-UNESCO, 1974. *Soil map of the world, 1: 5.000.000*, 1. Legend 54. UNESCO. Paris.
- FAO, FAO/UNESCO. 1988. *Soil map of the world. Revised Legend*. World Resources. Report 60. FAO. Roma.
- GARDNER, W.H. 1986. Water content. In: *Methods of Soil Analysis*, I (A. Klute, ed.). ASA, SSSA Madison.
- HARRIS, S.A. 1968. Comments on the validity of the law of zonality. *Trans. Intern. Congress Soil. Sci. 9th*. Adelaide, 4: 585-593.
- HUGUET DEL VILLAR, E. 1937. *Los suelos de la Península Lusó-Ibérica*.
- JARAUTA, E. 1988. *Determinación del régimen de humedad de los suelos de secano del área meridional de Lleida*. Memòria de difusió restringida. Diputació Provincial de Lleida.
- JARAUTA, E. 1989. *Modelos matemáticos del régimen de humedad de los suelos. Aplicación a la determinación del régimen de humedad de los suelos del área meridional de Lleida*. Tesi doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
- JARAUTA, E. 1991. *Modelització del règim d'humitat dels sòls. Aplicació a àrees agrícoles del secà de Lleida*. Memòria de difusió restringida. Fundació «Caixa de Barcelona».
- KLUTE, A. 1986. Water retention; Laboratory methods. In: *Methods of Soil Analysis* (A. Klute, ed.), I: 635-662. ASA, SSSA Madison.
- KUBIENA, W.L. 1952. *Clases sistemáticas de suelos*. CSIC. Madrid.
- LÁZARO, F. et al. 1978. *Regímenes de humedad de los suelos de la España peninsular*. Monografías INIA, 20.
- MARBUT, C.F. 1927. A scheme for Soil classification. *Poc. and Papers, first Int. Congr. of Soil Science*; 4: 1-31.
- NEWHALL, F. 1976. Calculation of soil moisture regime from the climatic record. *Soil cons. serv. USDA*.
- NORTHCOTE, K.H. 1965. *A factual key for the recognition of Australian soils*. CSIRO. Adelaide.
- PORTA, J. & JULIÀ, R. 1982. *Els sòls de Catalunya. Àrea meridional de Lleida*. DARP.
- PORTA, J. 1985. Taxonomia comparada de sòls: perspectives per a Catalunya. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 50: 229-239.
- SIBIRTSEV, N.M. 1901. *Soil science (Pochyovedeniye)*. In: *Selected works (labrannye Sochineniya)*, I. Translated from russian by N. Kaner. Israel Prog. for Sci. Trans. Jerusalem.
- SOIL SURVEY STAFF. 1960. *Soil classification: a comprehensive system*. 7th approximation. Soil Conservation Service. USDA. US Printing Office. Washington.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. *Soil Taxonomy*. Agriculture Handbook, 436. Soil Conservation Service. USDA.
- SOIL SURVEY STAFF. 1990. *Keys to Soil Taxonomy: fourth edition*. SMSS technical monograph, 6. Virginia.
- TAVERNIER, R. & VAN WAMBEKE, A. 1976. Determinación del régimen hídrico de los suelos de España según el modelo matemático de Newhall. *Agrochimica*: 407-412.
- THORP, J. & SMITH, G.D. 1949. Higher categories of Soil Classification: Order, Suborder and Great Group. *Soil Sci.*, 67: 117-126.