

## **CAPITULO 4**

# **DISCUSION DE RESULTADOS**

### **A.- RESULTADOS EXPERIMENTALES**

- A.1.- Distribución de las precipitaciones
- A.2.- Obtención de un parámetro de intensidad media
- A.3.- Medidas de campo
  - A.3.1.- Sección control de humedad
  - A.3.2.- Temperatura del suelo a 50 cm
  - A.3.3 - Perfiles hídricos
  - A.3.4.- Régimen de humedad del suelo

### **B.- DISCUSION DEL MODELO DE NEWHALL (1976)**

- B.1.- Introducción
- B.2.- Crítica del método
  - B.2.1.- Modelización del perfil del suelo
  - B.2.2.- Cantidad de agua entrada en el perfil
  - B.2.3.- Cantida de agua extraida del perfil
  - B.2.4.- Secuencia de entrada y salida de agua
  - B.2.5.- Universalidad de la aplicación del modelo

### **C - FORMULACION DE UN NUEVO MODELO SIMULATIVO DEL REGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS**

- C.1.- Modelización del perfil del suelo
- C.2.- Entrada de agua en el perfil
  - C.2.1.- Datos de precipitación
  - C.2.2.- Mecanismo de entrada de agua
  - C.2.3.- Secuencia de entrada de agua
- C.3.- Extracción de agua del suelo

C.3.1.- Cálculo de la evapotranspiración

C.3.1.1. Suelo con cultivo

C.3.1.2. Suelo desnudo

C.3.2.- Secuencia de extracción de agua

C.4.- Temperatura del suelo

C.5.- Cálculo del régimen de humedad

**D - PROGRAMA INFORMÁTICO DEL MODELO FORMULADO:  
DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

**E - VALIDACIÓN DEL MODELO Y APLICACIÓN DEL MISMO A LA  
DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS  
DEL ÁREA MERIDIONAL DE LLEIDA**

E.1.- Validación del modelo

E.2.- Aplicación del modelo propuesto a la determinación del régimen de humedad de los suelos del área meridional de Lleida

## **CAPITULO 4**

# **DISCUSION DE RESULTADOS**

### **A - RESULTADOS EXPERIMENTALES**

#### **A.1.- DISTRIBUCION DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES**

A partir de los datos de precipitación anual de la serie Omellons 1948-1987, se han determinado sus parámetros estadísticos para evaluar la significación de los resultados experimentales obtenidos sobre el estado de la sección control de humedad en los puntos de control. Mediante el programa STATGRAF, mencionado en el capítulo 2 y aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov, se ha verificado si estos datos se distribuyen normalmente, resultando que efectivamente es así con un nivel de confianza del 1% y siendo los parámetros de esta distribución:

- precipitación anual media,  $m = 377.9$  mm
- desviación típica,  $s = 88.8$  mm

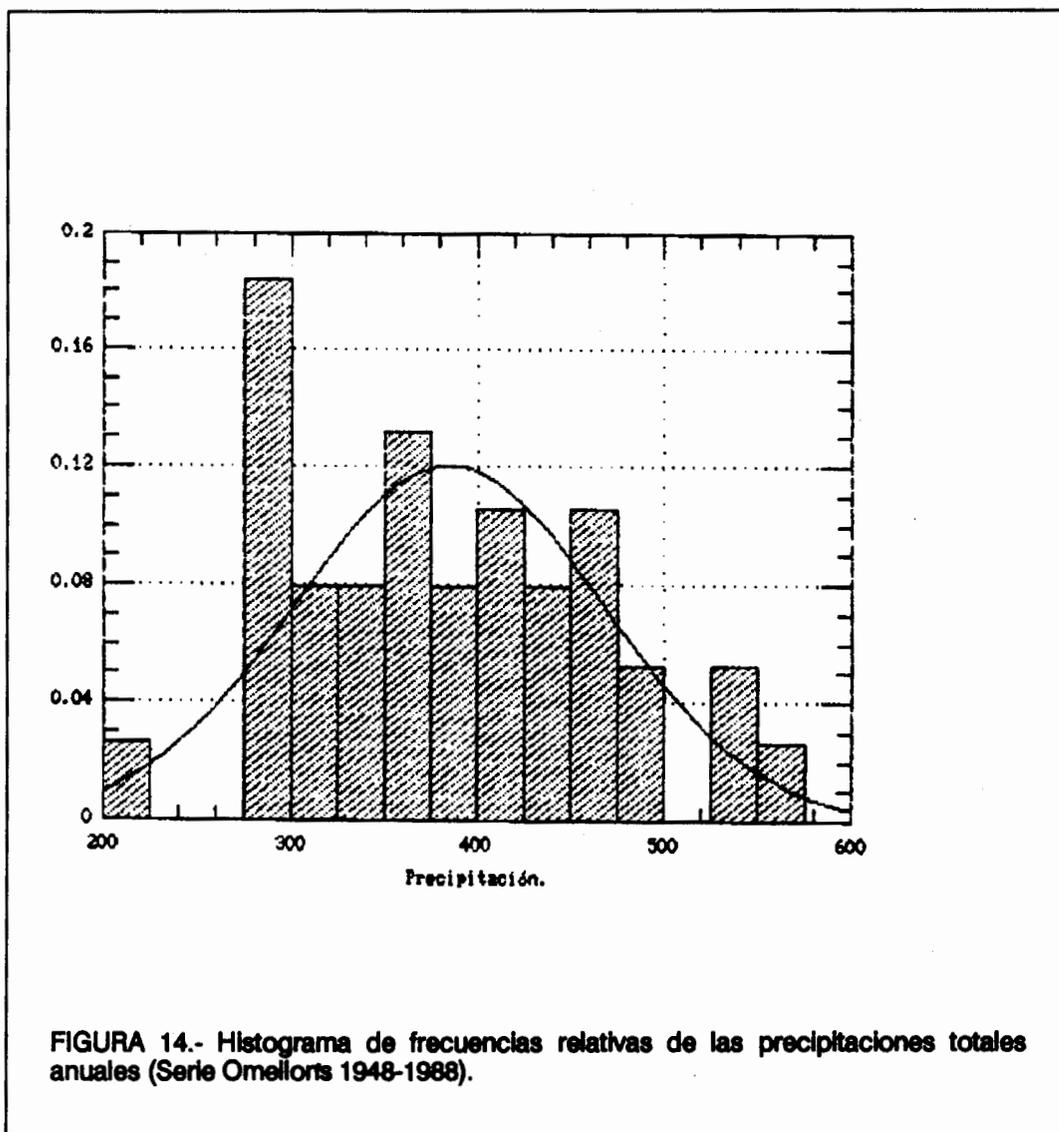
En la figura 14 se representa el histograma de esta distribución y la curva normal a que se ajusta; se observa que en la mayoría de años la precipitación anual está entre los 250 mm y los 500 mm, con un porcentaje ligeramente inferior de años por debajo del valor medio. En el cuadro 51 figuran las precipitaciones anuales de los observatorios de Sarroca y Suñé durante los años 1984 a 1988; a la vista de estos valores se observa que éstos entran en el intervalo central de la distribución y por tanto los resultados obtenidos son plenamente válidos.

## **A.2.- OBTENCION DE UN PARAMETRO DE INTENSIDAD MEDIA**

A partir del análisis de la mencionada serie Omellons 1948-1987, y en particular de los parámetros reflejados en el cuadro 19 se observa que el porcentaje medio más alto de precipitación mensual corresponde al mes de mayo (12.30 %) y el porcentaje medio más bajo corresponde al mes de julio (4.43 %). En conjunto, el porcentaje medio por estaciones es: invierno 17.78 %, primavera 31.55 %, verano 24.16 % y otoño 27.41 %. Así pues, el conjunto de las precipitaciones de otoño e invierno representan el 45.19 % del total anual como valor promedio, mientras que las precipitaciones de primavera y verano totalizan el 55.71 % respecto al total anual de valor medio.

No obstante la diferencia a favor de éstas últimas precipitaciones, la primera columna del cuadro 19 y los resultados de campo obtenidos, ponen de manifiesto que la eficacia de penetración de las precipitaciones de primavera y verano, sobre todo estas últimas, es mucho menor que las de otoño e invierno debido a la forma tormentosa de las precipitaciones de primavera y verano y a que son arrancadas del suelo rápidamente por evapotranspiración. Es por ello que en primavera y verano predominan los estados B y D de la sección control de humedad mientras que en otoño e invierno son los estados B y M.

A partir de los parámetros reseñados en el cuadro 19, puede establecerse un índice indicativo de la eficacia media de penetración de las precipitaciones, designado  $k_i$ , a partir



CUADRO 51.- Precipitaciones anuales de los observatorios de Sarroca y Suñé (1984 - 1988)					
	1984	1985	1986	1987	1988
Sarroca	277.1	339.2	365.8	308.6	244.4
Suñé	398.1	298.6	311.4	473.9	270.0

CUADRO 52.- Valor del coeficiente de intensidad de precipitación deducido a partir de la serie Omellons 1948-1987.												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ki	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.78	0.69	0.80	1.00	1.00

de las variables P (porcentaje medio de precipitación mensual) y N (número medio de días de lluvia en el mes correspondiente). Si se indica por  $(P/N)_{med}$  el valor medio de los cocientes P/N, es decir:

$$(P/N)_{med} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (P/N)_i$$

entonces se define  $k_i$  mediante:

$$\begin{cases} k_i = 1 & \text{si } (P/N)_{med} \geq (P/N)_i \\ k_i = (P/N)_{med}/(P/N)_i & \text{si } (P/N)_{med} < (P/N)_i \end{cases}$$

Para la serie Omellons 1948-87 se obtiene el valor  $(P/N)_{med} = 2.44$  y los valores resultantes de  $k_i$  se representan en el cuadro 52.

### A.3 - MEDIDAS DE CAMPO

#### A.3.1.- Sección control de humedad

Los límites de la sección control de humedad determinados en campo (cuadro 21) corresponden a la zona en que habitualmente se encuentran las raíces de las plantas y en consecuencia, delimita la zona de la cual éstas toman el agua. Las variaciones en el valor del límite superior de la sección control obedecen a diferencias en textura y estado superficial debidas al laboreo; sin embargo, hay mayor homogeneidad en los valores del límite inferior de la sección control. Los valores encontrados para dichos límites están dentro del intervalo citado en Soil Taxonomy (1975) para la mayoría de suelos. Los contactos líticos y paralíticos corresponden generalmente a margas y areniscas y en algunos casos, como en la parcela correspondiente al punto de control SUN-2, son tan superficiales que están rotos por el laboreo y las plantas tienen sus raíces en el interior. En estos casos, sería conveniente revisar el concepto de sección control de

humedad tal y como está definido en Soil Taxonomy (1975), pues la situación real no se corresponde exactamente con la definición dada. El estado de la sección control determinada de acuerdo con la definición de Soil Taxonomy, presenta variaciones más bruscas para perfiles de pequeña profundidad.

### **A.3.2.- Temperatura del suelo a 50 cm**

Los resultados obtenidos sobre temperatura del suelo a 50 cm de profundidad ponen de manifiesto la homogeneidad del valor medio anual  $T_m$ . Así mismo, resultan muy homogéneos los valores de las temperaturas medias en verano,  $T_v$ , y en invierno,  $T_i$ , y como consecuencia es también homogéneo el incremento  $D = T_v - T_i$ . A partir de los resultados obtenidos sobre temperatura media mensual del aire (cuadro 20) y temperatura media mensual del suelo a 50 cm (cuadro 27) se obtiene la diferencia entre los valores respectivos y luego puede calcularse la diferencia media, lo cual permite estimar la temperatura media del suelo a 50 cm a partir de la temperatura del aire (cuadros 53 y 54). La relación obtenida entre los valores medios de la temperatura del aire y la temperatura del suelo es la siguiente:

$$T_i = T_i(\text{aire}) - 1.6$$

$$T_v = T_v(\text{aire}) + 1.56$$

$$T_m = T_m(\text{aire}) + 0.15$$

El régimen de temperatura del suelo tiene como parámetros:

$$T_m < 22^\circ \text{C} \quad \text{y} \quad D \geq 5^\circ \text{C}$$

es decir, no-tropical.

**CUADRO 53.- Diferencias entre la temperatura media mensual del aire y la temperatura media mensual del suelo en el observatorio de Sarroca. Serie 1985-1988.**

	1985	1986	1987	1988	Valor medio de las diferencias centrales
ENERO	-2.6	1.7	1.5	2.3	1.6
FEBRERO	-0.2	1.5	1.8	1.7	1.6
MARZO	1.0	1.4	2.1	3.1	1.7
ABRIL	-0.1	-0.4	1.5	1.2	0.5
MAYO	-0.5	1.2	-0.7	3.3	0.3
JUNIO	-0.1	-1.6	-0.7	1.4	-0.4
JULIO	-1.0	-2.5	-1.3	-0.2	-1.1
AGOSTO	-2.4	-2.9	-0.4	-2.1	-2.2
SETIEMBRE	-1.5	-0.3	-1.4	-3.4	-1.4
OCTUBRE	-1.0	-1.1	-1.0	-0.5	-1.0
NOVIEMBRE	-2.2	-0.7	-1.0	-0.6	-0.8
DICIEMBRE	-0.3	-0.9	0.8	0.5	0.1

**CUADRO 54.- Valor estimado de la temperatura media mensual del suelo a partir de la temperatura media mensual del aire según los datos del observatorio de Lleida y del geotermómetro de Sarroca (Serie 1985-1988).**

	Temperatura media mensual del aire	Temperatura media mensual del suelo
ENERO	T(ENE)	T(ENE)-0.9
FEBRERO	T(FEB)	T(FEB)-1.6
MARZO	T(MAR)	T(MAR)-1.6
ABRIL	T(ABR)	T(ABR)-0.8
MAYO	T(MAY)	T(MAY)-0.6
JUNIO	T(JUN)	T(JUN) +0.2
JULIO	T(JUL)	T(JUL) +1.2
AGOSTO	T(AGO)	T(AGO) +1.1
SETIEMBRE	T(SET)	T(SET) +0.9
OCTUBRE	T(OCT)	T(OCT) +0.2
NOVIEMBRE	T(NOV)	T(NOV) +0.2
DICIEMBRE	T(DIC)	T(DIC)

### **A.3.3.- Perfiles hídricos**

Los resultados de los cuadros 38 a 45 ponen de manifiesto que la mayor variabilidad del estado de la sección control de humedad se produce en las estaciones de primavera y otoño; durante el invierno, la sección control está mayoritariamente húmeda en todas partes (estado M) y durante el verano está casi constantemente seca en todas partes (estado D). Esto prueba la inexactitud del resultado obtenido aplicando el método de Newhall, régimen Ustic, pues este régimen indica que las precipitaciones caídas durante el verano penetran en la sección control de humedad, lo cual se ha probado que no es cierto.

La estabilidad del estado de la sección control de humedad aumenta sensiblemente en perfiles de cierta capacidad de retención de humedad pues por un lado son menos sensibles a variaciones bruscas del contenido de humedad del suelo por las precipitaciones débiles y por otro no pueden secarse con la misma facilidad que perfiles de poca capacidad. Esto se pone de manifiesto en el cuadro 46 en el que puede observarse que el porcentaje anual de días en que la sección control de humedad está parcialmente húmeda (estado B) es menor en el suelo de poca capacidad (punto de control SUN-2) que en el suelo de mayor capacidad (punto de control SAR-3).

### **A.3.4.- Régimen de humedad de los suelos**

Como primer punto de la discusión de los resultados obtenidos sobre los regímenes de humedad de los suelos (cuadro 49) cabe observar la coincidencia en la verificación de los criterios B, C, D y E en cada uno de los cuatro años y para cada punto de control, la coincidencia de no cumplir el criterio A en el punto SAR-3 y la no coincidencia respecto al criterio A en el punto SUN-2, lo cual pone de manifiesto que en los suelos de menor capacidad de retención de la comarca es mayor la probabilidad del régimen Aridic que en los suelos de mayor capacidad de retención profundos. En estos últimos, el régimen Aridic se dará con menor frecuencia debido a la mayor estabilidad del

estado de la sección control y a la humedad acumulada durante las estaciones de invierno y primavera, lo cual dificulta poder cumplir el criterio A.

Los resultados que figuran en el cuadro 50, en el cual se representan los regímenes de humedad medidos junto con los estimados mediante el modelo simulativo de Newhall (1976), ponen de manifiesto la necesidad de modificar dicho modelo simulativo, pues se observan discrepancias entre las estimaciones que resultan al aplicar el modelo de Newhall y la observación experimental. Los motivos de estas discrepancias se discuten en el apartado que sigue.

## **B - DISCUSION DEL MODELO DE F. NEWHALL (1976)**

### **B.1.- INTRODUCCION**

Antes de entrar en la discusión propiamente dicha del modelo matemático propuesto por F. Newhall (1976) es preciso hacer algunas consideraciones acerca de las definiciones de los regímenes de humedad de los suelos según Soil Taxonomy (1975) y del concepto y determinación de la sección control de humedad.

Las ecuaciones lógicas que definen los regímenes de humedad de los suelos tal como están establecidas en Soil Taxonomy se han relacionado en el cuadro 8 y tal como se puso de manifiesto en los cuadros 9 y 10, estas ecuaciones contienen algunas imprecisiones que ocasionan la coincidencia de vectores que representan regímenes distintos, como por ejemplo la del subtipo Ardic(1)-7 con el subtipo Udic(1)-3. Esto debería solucionarse introduciendo algunas precisiones en la definición de los regímenes de humedad de los suelos, esto es mediante unas ecuaciones lógicas más estrictamente definidas que nieguen explícitamente la posibilidad de coincidencia entre dos regímenes

de humedad diferentes. En el apartado siguiente se formula una propuesta en este sentido.

En cuanto a la sección control de humedad, mediante este concepto se desea representar la zona del perfil del suelo en la cual las plantas tienen habitualmente sus raíces y por tanto extraen del suelo los elementos necesarios para su desarrollo. La definición de Soil Taxonomy es en unos casos demasiado genérica y en otros demasiado estricta. En suelos poco profundos y con presencia de contactos líticos o paralíticos, o bien con horizontes petrocálcicos, que están rotos por el laboreo en algunas partes, las raíces se introducen en el interior de las grietas para extraer el agua que penetra por las mismas. Dicha agua puede proceder de lluvias inferiores en cantidad a la establecida para la determinación del límite inferior de la sección control de humedad y sin embargo ésta queda limitada por definición en el horizonte petrocálcico. Por otra parte, en suelos muy profundos, plantas con raíces habituales de 100 - 150 cm pueden alcanzar hasta 300 cm y la capacidad de retención de agua de la zona del perfil que ocupan es mayor que la correspondiente a los 200 mm que considera el modelo de Newhall. Por último, hay casos en que el estado de la sección control de humedad se hace muy difícil de medir, como por ejemplo cuando es la superficie de un contacto lítico o un horizonte petrocálcico.

## **B.2.- CRITICA DEL METODO**

### **B.2.1.- Modelización del perfil del suelo**

De acuerdo con las consideraciones anteriores y los resultados de la presente investigación, es preciso considerar perfiles de diferentes profundidades para poder adaptar el modelo de simulación a zonas en las que existan suelos de distintas características en ese sentido (como por ejemplo la zona estudiada es este trabajo). En el modelo de F. Newhall tan solo se contempla un único modelo de perfil.

### **B.2.2.- Cantidad de agua entrada en el perfil**

En el modelo de Newhall se considera que toda la precipitación entra en el suelo, a menos que el perfil esté completamente lleno. Ello significa que no se tiene en cuenta la posibilidad de que en verano cuando el perfil está seco, las precipitaciones que se producen en forma de tormenta no penetren en su totalidad en el suelo, como de hecho así sucede tal como muestran los resultados experimentales de este trabajo.

Por otro lado, en el modelo de Newhall no pueden emplearse datos de precipitación diaria por cuanto el diseño no lo permite; en consecuencia, sería muy conveniente que al diseñar un modelo se tuviera en cuenta la posibilidad de utilizar los datos de precipitación diaria y de precipitación total mensual.

### **B.2.3.- Cantidad de agua extraída del perfil**

En el modelo simulativo de F. Newhall, la cantidad de agua que se extrae del suelo es la evapotranspiración potencial mensual calculada mediante la fórmula de Thornthwaite (1945), corregida mediante unos coeficientes que no es justifican en la formulación de dicho modelo.

Actualmente se dispone de fórmulas más exactas que se basan en el modelo de Blaney y Criddle (1952) y mediante los cuales puede calcularse la evapotranspiración real de un cultivo y la evaporación real de un suelo desnudo, esto es, la evapotranspiración real en la fase inicial de crecimiento del mismo. En consecuencia, al desarrollar un modelo simulativo del régimen de humedad de los suelos, pueden utilizarse expresiones que se adapten a las condiciones reales de extracción de agua del suelo por los diferentes cultivos.

#### **B.2.4.- Secuencias de entrada y salida de agua.**

La secuencia de entrada de agua en el perfil considerada en el modelo de Newhall no es la única posible, como ya mostraron IBAÑEZ y GASCO (1983); en consecuencia, debe tenerse en cuenta la posibilidad de modificar la secuencia de llenado de las casillas del perfil del suelo, de acuerdo con las condiciones concretas de los suelos. Otro tanto puede decirse de la secuencia de extracción de agua, tal y como muestran los citados autores.

#### **B.2.5.- Universalidad de la aplicación del modelo**

De acuerdo con las consideraciones anteriores y con los resultados obtenidos en el presente trabajo, no es posible aplicar universalmente el modelo de Newhall sin introducir algunas modificaciones ligadas a la zona geográfica concreta y a las características de los suelos de los que se desea estimar el régimen de humedad . Es decir, un modelo simulativo del régimen de humedad de los suelos ha de ser capaz de adaptarse a las condiciones de distribución de la precipitación (Intensidad y duración), al proceso de infiltración del agua en el suelo y, por último, al proceso de extracción de la misma por evaporación del suelo y transpiración de las plantas. Otros factores que pueden tenerse en cuenta además son: la orografía de la comarca (pendiente media del terreno), profundidad de los suelos, textura, curvas características de humedad y estado superficial del suelo, así como la vegetación existente en la comarca, con sus características principales.

## **C - FORMULACION DE UN NUEVO MODELO SIMULATIVO DEL REGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS**

En este apartado se desarrolla un nuevo modelo simulativo para la estimación del régimen de humedad de los suelos que puede adaptarse a las condiciones de los suelos de la zona en la que se desee estimar el régimen de humedad de los mismos, teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores. Se ha tomado como referencia el modelo de Newhall (1976) modificando aquellos aspectos que motivan la inexactitud de los resultados derivados de su aplicación y que, como se ha discutido en el apartado anterior, esencialmente hacen referencia a: perfil de suelo considerado, mecanismo de entrada de agua en el perfil del suelo, cantidad de agua infiltrada, cantidad de agua evapotranspirada y mecanismo de extracción de agua del suelo. En el cuadro 55 se comparan las características del modelo de Newhall (1976) con las del modelo que se propone en este trabajo.

### **C.1.- MODELIZACION DEL PERFIL DEL SUELO**

En el modelo de Newhall (1976), se considera un único perfil de suelo de 200 mm de capacidad de agua disponible para las plantas, homogéneo, isótropo y bien drenado, dividido en 64 casillas de 3.125 mm de capacidad cada una de ellas. Teniendo en cuenta que en los suelos reales pueden presentarse contactos líticos o paralíticos superficiales que producen una disminución de la capacidad de agua y de modo que el agua puede infiltrarse en su interior pero no ascender desde los mismos, se ha previsto en el modelo la utilización de siete perfiles diferentes de suelo para simular estas posibles situaciones. El perfil de referencia es el de 200 mm de capacidad, designado PF8, que puede verse en la figura 15; la numeración de las casillas es análoga a la empleada en el modelo de Newhall. Los diferentes perfiles que se consideran en el modelo son:

- PF8; Capacidad de agua disponible: 200 mm  
Dividido en  $8 * 8 = 64$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 24

**CUADRO 55.- Características de diseño de los modelos de F.Newhall (1976) y del propuesto en este trabajo.**

	<b>MODELO DE NEWHALL</b>	<b>MODELO QUE SE PROPONE EN ESTE TRABAJO</b>
<b>Modelización del perfil de suelo</b>	Perfil homogéneo e isótropo, bien drenado, de 200 mm de capacidad de agua disponible	Perfil homogéneo no isótropo, bien drenado de capacidad de agua disponible variable adaptada a las características del suelo
<b>Cantidad de agua infiltrada en el suelo</b>	Toda la precipitación mensual Imposibilidad de utilizar datos de precipitación diaria	Precipitación mensual corregida en función de la eficacia de las precipitaciones. Posibilidad de utilizar datos de precipitación diaria
<b>Secuencia de llenado del perfil</b>	Fija para todos los tipos de suelo	Adaptable a las características de los suelos. Secuencia de referencia
<b>Mecanismo de entrada de agua en el perfil</b>	Fijo para precipitaciones mensuales con tres entradas para cada mes	Adaptado a datos de precipitación diaria o precipitación mensual con entrada diaria de la precipitación correspondiente
<b>Cálculo de la evapotranspiración</b>	Fórmula de Thornthwaite (1945)	Adaptación del modelo de Blaney-Criddle según Doorenbos y Pruitt (1977)
<b>Secuencia de extracción de agua</b>	Universal, por diagonales del perfil	Adaptable a las características del suelo, con secuencia de referencia
<b>Cálculo del régimen de humedad de los suelos</b>	Criterios de Soil Taxonomy (1975)	Criterios de Soil Taxonomy (1975), eliminando coincidencia de subtipos

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

PF8: casillas 1 a 64

PF7: casillas 1 a 56

PF6: casillas 1 a 48

PF5: casillas 1 a 40

PF4: casillas 1 a 32

PF3: casillas 1 a 24

PF2: casillas 1 a 16

FIGURA 15.- Numeración de las casillas de los diferentes tipos de perfil de suelo que se consideran en el modelo.

PF7; Capacidad de agua disponible: 175 mm  
Dividido en  $7 * 8 = 56$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 24

PF6; Capacidad de agua disponible: 150 mm  
Dividido en  $6 * 8 = 48$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 24

PF5; Capacidad de agua disponible: 125 mm  
Dividido en  $5 * 8 = 40$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 24

PF4; Capacidad de agua disponible: 100 mm  
Dividido en  $4 * 8 = 32$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 24

PF3; Capacidad de agua disponible: 75 mm  
Dividido en  $3 * 8 = 24$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 24

PF2; Capacidad de agua disponible: 50 mm  
Dividido en  $2 * 8 = 16$  casillas de 3.125 mm cada una  
Sección control de humedad: casillas 9 a 16

Al comienzo del proceso de estimación del régimen de humedad de los suelos de una determinada zona, puede elegirse el tipo de perfil que mejor se adapte a las características de los mismos. Cada serie de datos pluviométricos puede procesarse con varios perfiles diferentes.

## **C.2.- ENTRADA DE AGUA EN EL PERFIL**

### **C.2.1.- Datos de precipitación**

En el modelo que se propone pueden utilizarse datos de precipitación diaria y datos de precipitación mensual. Si se emplean datos de precipitación diaria, se establece una cota superior de 75 mm para la cantidad de agua que puede infiltrarse en un solo día, de acuerdo con el criterio del USDA (1975), según mencionan DOORENBOS y PRUITT (1977). Así pues, si la precipitación registrada en un determinado día es superior a 75 l/m<sup>2</sup>, únicamente se introduce en el perfil esta cantidad y el resto se supone pérdida por escorrentía superficial.

Si se utilizan datos de precipitación mensual y se dispone además de la información necesaria, puede determinarse el valor del coeficiente de intensidad de precipitación  $k_i$  definido en el apartado A de este capítulo y entonces puede obtenerse la denominada precipitación mensual corregida, designada  $PM_c$ , mediante

$$PM_c = k_i * PM$$

Si no puede conocerse el valor de  $k_i$ , se parte de las precipitaciones mensuales sin corregir (esto es, se toma por defecto el valor  $k_i = 1$  todos los meses).

### **C.2.2.- Mecanismo de entrada de agua**

Si se parte de datos de precipitación diaria, cada día se introduce en el suelo la precipitación correspondiente, teniendo en cuenta la limitación comentada antes.

Si se parte de datos de precipitación mensual, a partir de la precipitación mensual corregida  $PM_c$  se calcula la precipitación fuerte,  $PF = PM_c/2$  que se entra el día 15 del mes correspondiente. La otra mitad de la precipitación mensual corregida se denomina precipitación débil y se reparte por igual a todos los restantes días del mes, es decir,

cada día entra en el perfil la cantidad de  $PMc/2(n-1)$  mm de agua, donde n es el número de días del mes.

### **C.2.3.- Secuencia de entrada de agua**

Como secuencia de referencia para la entrada de agua en el suelo y para cada uno de los perfiles considerados se tomará la correspondiente a la ordenación de las casillas del perfil. Pueden definirse no obstante otras ordenaciones de llenado del perfil, de acuerdo con las características de los suelos.

## **C.3.- EXTRACCION DE AGUA DEL SUELO**

### **C.3.1.- Cálculo de la evapotranspiración**

Para el cálculo de la cantidad de agua extraída del perfil del suelo por evapotranspiración, se propone utilizar una adaptación de la fórmula de Blaney-Criddle (1950) en la línea de la realizada por DOORENBOS y PRUITT (1977).

Como variables iniciales se tienen:

t = temperatura media mensual (°C)

p = porcentaje de horas diurnas del mes (cuadro 56)

A partir de estas variables se calcula el factor *f*, mediante la expresión:

$$f = p(0.46 t + 8.13)$$

Una vez calculado este factor, debe determinarse la evapotranspiración del cultivo de referencia, designada  $E_{To}$  (mm/día) como función de *f*,  $E_{To} = \Phi (f)$ ,

CUADRO 56.- Porcentaje diario medio de horas diurnas anuales (p) a diferentes latitudes (Doorenbos - Pruitt, 1977)

L NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
L SUR	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
60°	.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
58	.16	.21	.26	.32	.37	.40	.39	.34	.28	.23	.18	.15
56	.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
54	.18	.22	.26	.31	.36	.38	.37	.33	.28	.23	.19	.17
52	.19	.22	.27	.31	.35	.37	.36	.33	.28	.24	.20	.17
50	.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
48	.20	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.21	.19
46	.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
44	.21	.24	.27	.30	.33	.35	.34	.31	.28	.25	.22	.20
42	.21	.24	.27	30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
40	.22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30	.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31	.30	.28	.26	.24	.23
25	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20	.25	.26	.27	.29	.30	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15	.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10	.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5	.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

CUADRO 58.- Coeficientes de cultivo para diferentes especies vegetales, según Doorenbos y Pruitt (1977) y Doorenbos y Kassam (1980).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Almendro (1)	0.3	0.3	0.5	0.7	0.85	0.9	0.9	0.9	0.85	0.7	0.65	0.4
Almendro (2)	0.3	0.3	0.5	0.7	0.75	0.8	0.8	0.8	0.7	0.65	0.55	0.4
Olivo	0.3	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.6	0.6	0.55	0.5	0.4	0.4
Maiz	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	0.8	0.7	0.5
Sorgo	0.3	0.5	0.7	0.75	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4
Trigo	0.3	0.4	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7	0.4	0.4
Vid	0.35	0.4	0.6	0.65	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.65	0.5	0.4

(1) con vientos débiles o moderados secos  
(2) con vientos débiles o moderados húmedos

interviniendo en esta determinación unos parámetros ligados a las condiciones locales de la zona objeto de estudio y que son los siguientes:

- 1) humedad relativa mínima (HRmin)
- 2) horas de insolación relativas (n/N)
- 3) velocidad media diaria del viento diurno (U)

Para cuantificar estos parámetros se seguirán los siguientes criterios:

$$HR_{min} = \begin{cases} A \text{ (Alta)} & \text{si } HR_{min} > 50 \% \\ M \text{ (Media)} & \text{si } 20 \% \leq HR_{min} \leq 50 \% \\ B \text{ (Baja)} & \text{si } HR_{min} < 20 \% \end{cases}$$

$$n/N = \begin{cases} A \text{ (Alta)} & \text{si } n/N > 0.8 \\ M \text{ (Media)} & \text{si } 0.6 \leq n/N \leq 0.8 \\ B \text{ (Baja)} & \text{si } n/N < 0.6 \end{cases}$$

$$U = \begin{cases} D \text{ (Débil)}, & \text{si } U < 2 \text{ m/s} \\ M \text{ (Moderado)} & \text{si } 2 \text{ m/s} \leq U \leq 5 \text{ m/s} \\ F \text{ (Fuerte)}, & \text{si } U > 5 \text{ m/s} \end{cases}$$

La función  $ET_o = \Phi(f)$  es una recta distinta en cada caso, según los valores de los parámetros  $HR_{mín}$ ,  $n/N$  y  $U$ , cuya ecuación en función de los parámetros anteriores se relaciona en el cuadro 57. Clásicamente (DOORENBOS y PRUITT, 1977) el cálculo de  $ET_o$  se hacía gráficamente.

El siguiente paso consiste en calcular la evapotranspiración del cultivo en condiciones óptimas de disponibilidad de agua, designada  $ET_c$ , mediante la expresión:

$$ET_c \text{ (mm/día)} = k_c \cdot ET_o \text{ (mm/día)}$$

CUADRO 57.- Ecuaciones de la recta ETo en función de , según los valores de HRmín, n/N y U.

(1) HRmin = B y n/N = B		
si U =	D.....	ETo = 1.46f - 2.22
si U =	M.....	ETo = 1.43f - 1.86
si U =	F.....	ETo = 1.60f - 1.80
(2) HRmin = M y n/N = B		
si U =	D.....	ETo = 1.10f - 1.60
si U =	M.....	ETo = 1.23f - 1.69
si U =	F.....	ETo = 1.13f - 1.26
(3) HRmin = A y n/N = B		
si U =	D.....	ETo = 0.87f - 1.60
si U =	M.....	ETo = 1.00f - 1.80
si U =	F.....	ETo = 1.10f - 2.00
(4) HRmin = B y n/N = M		
si U =	D.....	ETo = 1.40f - 1.80
si U =	M.....	ETo = 1.68f - 2.06
si U =	F.....	ETo = 1.80f - 1.70
(5) HRmin = M y n/N = M		
si U =	D.....	ETo = 1.30f - 2.00
si U =	M.....	ETo = 1.43f - 1.85
si U =	F.....	ETo = 1.55f - 1.90
(6) HRmin = A y n/N = M		
si U =	D.....	ETo = 1.07f - 1.94
si U =	M.....	ETo = 1.20f - 2.00
si U =	F.....	ETo = 1.23f - 1.76
(7) HRmin = B y n/N = A		
si U =	D.....	ETo = 1.64f - 2.28
si U =	M.....	ETo = 1.82f - 2.04
si U =	F.....	ETo = 2.06f - 2.12
(8) HRmin = M y n/N = A		
si U =	D.....	ETo = 1.48f - 2.16
si U =	M.....	ETo = 1.60f - 1.90
si U =	F.....	ETo = 1.70f - 1.80
(9) HRmin = A y n/N = A		
si U =	D.....	ETo = 1.13f - 1.76
si U =	M.....	ETo = 1.23f - 1.76
si U =	F.....	ETo = 1.33f - 1.76

ETo = evapotranspiración del cultivo de referencia

f = factor de uso consuntivo de Blaney-Criddle

HRmín = humedad relativa mínima

n/N = horas de insolación relativas

U = velocidad media del viento diurno

donde  $k_c$  es el coeficiente de cultivo. El valor de este coeficiente depende de si el suelo tiene un cultivo o bien se trata de un suelo desnudo (este caso puede darse cuando se tiene un cultivo y éste se halla en la fase inicial de desarrollo).

### **C.3.1.1.- Suelo con cultivo**

El valor del coeficiente de cultivo  $k_c$  debe consultarse para cada cultivo en las publicaciones especializadas (DOORENBOS y PRUITT (1977); DOORENBOS y KASSAM (1980)) o bien determinarlo experimentalmente. Para los cultivos principales del área meridional de Lleida, el coeficiente de cultivo figura en el cuadro 58. Por último hay que determinar la evapotranspiración real,  $E_{Tr}$ , de acuerdo con el siguiente criterio:

- (1)  $E_{Tr} = E_{Tc}$ , si en el suelo no hay limitación de agua
- (2)  $E_{Tr} < E_{Tc}$ , si en el suelo hay limitación de agua

En este último caso, el agua que realmente es extraída del suelo cada día se calcula del modo que se desarrolla a continuación.

En primer lugar se definen las siguientes variables:

-  $S(t)$  (agua disponible en el suelo en el instante  $t$ ). Es la cantidad de agua que hay en el suelo en un instante dado, expresada en mm/m de profundidad de suelo.

-  $S_a$  (agua total disponible en el suelo). Es la profundidad de agua en mm/m de profundidad de suelo, entre el contenido de agua a -1500 kPa y -20 kPa.

-  $q$  (fracción de agua disponible). Es la parte del agua total disponible en el suelo que puede agotarse sin que sea  $E_{Tr}$  menor que  $E_{Tc}$ ; depende del valor de  $E_{Tc}$ , del cultivo y del tipo de suelo. Su valor se da en el cuadro 59 para los cultivos principales de la comarca estudiada en este trabajo.

- D profundidad de la zona radicular.

Por definición, la cantidad de agua que sale de un volumen de control de suelo cuya capacidad de retención de agua es  $S_a D$ , viene dada por:

$$ETr = - \frac{d(D S(t))}{dt} \quad (1)$$

cumpléndose además que:

$$ETr = ETc \quad \text{mientras } DS(t) \geq (1-q)S_a D \quad (2)$$

$$ETr = \frac{D S(t)}{(1-q)S_a D} ETc, \quad \text{mientras } DS(t) < (1-q)S_a D \quad (3)$$

(Hipótesis de Rijtema - Aboukhaled, 1975)

Sustituyendo (3) en (1) se obtiene la ecuación diferencial:

$$- \frac{d}{dt}(D S(t)) = \frac{ETc}{(1-q)S_a D} D S(t) = \lambda D S(t)$$

que es una ecuación diferencial de variables separadas, que puede escribirse:

$$\frac{d(D S(t))}{D S(t)} = -\lambda dt$$

Integrando esta ecuación, resulta:

$$\ln(D S(t)) = -\lambda t + C_1 \quad ; \quad C_1 = \text{cte de integración}$$

con lo cual:

$$D S(t) = K_1 e^{-\lambda t} \quad ; \quad K_1 = \text{constante de integración} \quad (4)$$

Se designa por  $S_t$  el valor  $S(t)$  y por  $S_{t-1}$  el valor  $S(t-1)$ , de modo que si se pone como condición inicial el valor de  $S_{t-1}$  resulta

$$D S_{t-1} = K_1 e^{-\lambda (t-1)}$$

es decir:

$$K_1 = e^{\lambda (t-1)} D S_{t-1} \quad (5)$$

Sustituyendo el valor de  $K_1$  según (5) en la ecuación (4) se obtiene:

$$D S_t = e^{\lambda(t-1)} D S_{t-1} e^{-\lambda t} = e^{-\lambda} D S_{t-1}$$

En consecuencia, sustituyendo el valor de  $D S_t$  en la ecuación (3) resulta el valor de la evapotranspiración real:

$$ETr(t) = \frac{e^{-\lambda} D S_{t-1}}{(1-q)S_a D} \quad ETc = \lambda e^{-\lambda} D S_{t-1}$$

siempre que  $D S_{t-1} < (1-q)S_a D$ .

### C.3.1.2.- Suelo sin cubierta vegetal

En el caso de un suelo sin cubierta vegetal cabe hablar únicamente de la evaporación del agua del mismo. La metodología a seguir consiste en determinar la evaporación del suelo  $E_s$  mediante la expresión:

$$E_s \text{ (mm/día)} = k_c \cdot ETo \text{ (mm/día)}$$

**CUADRO 59.- Valores de la fracción de agua disponible (q) en función de la ETc (mm/día) para distintos cultivos (Según Doorenbos y Pruitt, 1977)**

	ETc									
	≤2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cereales	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.43	0.38	0.35	0.30	
Almendro	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.43	0.38	0.35	0.30	
Olivo	0.88	0.80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45	0.43	0.40	

**CUADRO 60.- Parámetros del ajuste exponencial para el cálculo de la evaporación en un suelo desnudo, en función de la textura y la frecuencia de lluvias (F, días/mes)**

		suelo arenoso	suelo franco	suelo arcilloso
F = 2	a	0.755	1.075	1.236
	b	-0.038	-0.004	-0.004
F = 4	a	0.679	1.008	1.168
	b	-0.081	-0.008	-0.008
F = 7	a	0.569	0.808	0.934
	b	-0.107	-0.106	-0.108
F = 10	a	0.471	0.669	0.775
	b	-0.139	-0.138	-0.141
F = 20	a	0.373	0.491	0.578
	b	-0.159	-0.143	-0.152

donde  $k_c$  es un coeficiente que depende de  $ETo$ , de la textura del suelo ( $TX$ ) y de la frecuencia de lluvias ( $F$ ), es decir:

$$k_c = \varphi (ETo, TX, F)$$

y es una función exponencial del tipo

$$k_c = a e^{-b.ETo}$$

con  $F$  como parámetro, cuyos valores pueden verse en el cuadro 60, obtenidos mediante ajuste a dos parámetros con el programa ESTAD-PC, a partir de unas gráficas de DOORENBOS y PRUITT (1977).

### **C.3.2.- Secuencia de extracción de agua**

En virtud de los razonamientos que se han expuesto anteriormente y de las consideraciones realizadas por otros autores (IBÁÑEZ y GASCO, 1983) se proponen las secuencias de extracción de la figura 16, como las más adecuadas a las características de los suelos de la zona estudiada.

### **C.4.- TEMPERATURA DEL SUELO**

La temperatura del suelo se calcula a partir de la temperatura media mensual del aire según la metodología expuesta en el apartado A de este capítulo (cuadro 54).

### **C.5.- CALCULO DEL REGIMEN DE HUMEDAD**

Para el cálculo del régimen de humedad de los suelos ya se ha justificado en la discusión del modelo de Newhall (apartado B) la necesidad de modificación de las ecuaciones lógicas que los definen y en consecuencia, de los subtipos de cada uno de

	23	22	12	11	4	3	2	1
	37	25	24	14	13	7	6	5
	39	38	27	26	16	15	9	8
perfil	50	41	40	29	28	18	17	10
PF8	52	51	43	42	31	30	20	19
	59	54	53	45	44	33	32	21
	61	60	56	55	47	46	35	34
	64	63	62	58	57	49	48	46
	23	22	12	11	4	3	2	1
	36	25	24	14	13	7	6	5
perfil	38	37	27	26	16	15	9	8
PF7	47	40	39	29	28	18	17	10
	49	48	42	41	31	30	20	19
	54	51	50	44	43	33	32	21
	56	55	53	52	46	45	35	34
	23	22	12	11	4	3	2	1
	34	25	24	14	13	7	6	5
perfil	36	35	27	26	16	15	9	8
PF6	43	38	37	29	28	18	17	10
	45	44	40	39	31	30	20	19
	48	47	46	42	41	33	32	21
	22	21	12	11	4	3	2	1
	31	24	23	14	13	7	6	5
perfil	33	32	26	25	16	15	9	8
PF5	38	35	34	28	27	18	17	10
	40	39	37	36	30	29	20	19
	20	19	12	11	4	3	2	1
perfil	27	22	21	14	13	7	6	5
PF4	29	28	24	23	16	15	9	8
	32	31	30	26	25	18	17	10
	17	16	11	10	4	3	2	1
perfil	22	19	18	13	12	7	6	5
PF3	24	23	21	20	15	14	9	8
	13	12	9	8	4	3	2	1
perfil	16	15	14	11	10	7	6	5
PF2								

FIGURA 16.- Secuencias de extraccion de agua del perfil del suelo para cada tipo de perfil propuesto en el modelo

**CUADRO 61.- Ecuaciones lógicas que se proponen para describir los regímenes de humedad de los suelos de acuerdo con los criterios definidos por Soil Taxonomy (1975).**

	REGIMEN DE HUMEDAD	ECUACION LOGICA
Tm ≤ 22°C y D > 5°C	ARIDIC (1)	(A = 1) y (B = 0)
	UDIC (1)	(C = 0) y (D = 0) y no ((A = 1) y (B = 0))
	USTIC (1)-I	(A = 0) y (C = 1) y (D = 0) y (E = 1)
	USTIC (1)-II	(A = 0) y (C = 1) y (E = 0)
Tm > 22°C y/o D ≤ 5°C	XERIC-I	(A = 0) y (B = 0) y (D = 1) y (E = 1)
	XERIC-II	(A = 1) y (B = 1) y (D = 1) y (E = 1)
	XERIC-III	(A = 0) y (B = 1) y (D = 1) y (E = 1)
	ARIDIC (2)	(A = 1) y (B = 0)
	UDIC (2)	(C = 0) y no ((A = 1) y (B = 0))
	USTIC (2)-I	(C = 1) y (F = 1) y no ((A = 1) y (B = 0))
	USTIC (2)-II	(C = 1) y (F = 0) y no ((A = 1) y (B = 0))
USTIC (2)-III	(C = 1) y (F = 1) y (G = 1) y no ((A = 1) y (B = 0))	

**A = Seca** > = 1/2 días acumulados con T > 5°C  
**B = Húmeda o parc. húm.** > = 90 días consec. con T > 8°C  
**C = Seca o parc. seca** > = 90 días acumulados  
**D = Seca** > = 45 días consec. en los 4 meses sig. solst. verano  
**E = Húmeda** > = 45 días consec. en 4 meses sig. sols. invierno  
**F = Parcialmente húmeda** > = 180 días acumulados  
**G = Parcialmente húmeda** > = 90 días consecutivos

**CUADRO 62.- Propuesta de definicion de los subtipos de regimenes de humedad de los suelos (régimen de temperatura no-trop).**

CRITERIOS SOIL TAXONOMY					
REGIMENES HUMEDAD	A	B	C	D	E
ARIDIC(1)- 1	1	0	1	1	1
ARIDIC(1)- 2	1	0	1	1	0
ARIDIC(1)- 3	1	0	1	0	1
ARIDIC(1)- 4	1	0	1	0	0
ARIDIC(1)- 5	1	0	0	1	1
ARIDIC(1)- 6	1	0	0	1	0
ARIDIC(1)- 7	1	0	0	0	1
ARIDIC(1)- 8	1	0	0	0	0
XERIC-I-1	0	0	1	1	1
XERIC-I-2	0	0	0	1	1
XERIC-II-1	1	1	1	1	1
XERIC-II-2	1	1	0	1	1
XERIC-III-1	0	1	1	1	1
XERIC-III-2	0	1	0	1	1
UDIC(1)- 1	1	1	0	0	1
UDIC(1)- 2	1	1	0	0	0
UDIC(1)- 3	0	1	0	0	1
UDIC(1)- 4	0	1	0	0	0
UDIC(1)- 5	0	0	0	0	1
UDIC(1)- 6	0	0	0	0	0
USTIC(1)-I-1	0	1	1	0	1
USTIC(1)-I-2	0	0	1	0	1
USTIC(1)-II-1	0	1	1	1	0
USTIC(1)-II-2	0	1	1	0	0
USTIC(1)-II-3	0	0	1	1	0
USTIC(1)-II-4	0	0	1	0	0
PERXERIC	1	1	1	1	0
FUERA DE CONTROL	1	1	1	0	0
	1	1	0	1	0
	0	1	0	1	0
	0	0	0	1	0

A = Seca  $\geq$  1/2 días acumulados con T  $>$  5°C  
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consec. con T  $>$  8°C  
 C = Seca o parc. seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solst. verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en 4 meses sig. solst. invierno

**CUADRO 63.- Propuesta de definición de los regímenes de humedad de los suelos (régimen de temperatura trop)**

REGIMENES HUMEDAD	CRITERIOS SOIL TAXONOMY				
	A	B	C	F	G
ARIDIC(2)-1	1	0	1	1	1
ARIDIC(2)-2	1	0	1	1	0
ARIDIC(2)-3	1	0	1	0	1
ARIDIC(2)-4	1	0	1	0	0
ARIDIC(2)-5	1	0	0	1	1
ARIDIC(2)-6	1	0	0	1	0
ARIDIC(2)-7	1	0	0	0	1
ARIDIC(2)-8	1	0	0	0	0
UDIC(2)-1	1	1	0	1	1
UDIC(2)-2	1	1	0	1	0
UDIC(2)-3	1	1	0	0	1
UDIC(2)-4	1	1	0	0	0
UDIC(2)-5	0	1	0	1	1
UDIC(2)-6	0	1	0	1	0
UDIC(2)-7	0	1	0	0	1
UDIC(2)-8	0	1	0	0	0
UDIC(2)-9	0	0	0	1	1
UDIC(2)-10	0	0	0	1	0
UDIC(2)-11	0	0	0	0	1
UDIC(2)-12	0	0	0	0	0
USTIC(2)-I-1	1	1	1	1	0
USTIC(2)-I-2	0	1	1	1	0
USTIC(2)-I-3	0	0	1	1	0
USTIC(2)-II-1	1	1	1	0	1
USTIC(2)-II-2	0	1	1	0	1
USTIC(2)-II-3	0	0	1	0	1
USTIC(2)-III-1	1	1	1	1	1
USTIC(2)-III-2	0	1	1	1	1
USTIC(2)-III-3	0	0	1	1	1
FUERA DE CONTROL	1	1	1	0	0
	0	1	1	0	0
	0	0	1	0	0

A = Seca > = 1/2 días acumulados con T > 5°C  
 B = Húmeda o parc. húm. > = 90 días consec. con T > 8°C  
 C = Seca o parc. seca > = 90 días acumulados  
 F = Parcialmente húmeda > = 180 días acumulados  
 G = Parcialmente húmeda > = 90 días consecutivos

**CUADRO 64.- Frecuencias que definen los regímenes de humedad de los suelos según el modelo que se propone en este trabajo.**

Régimen de humedad	Régimen de temperatura	Criterios Soil Taxonomy (en porcentaje)						
		A	B	C	D	E	F	G
Aridic y Torric		> 50	≤ 50					
Udic(1)	Tm < 22°C y Tv - Tl ≥ 5°C			≤ 50	< 60			
Udic(2)	Tm ≥ 22°C y/o Tv - Tl < 5°C			≤ 50				
Ustic(1)	Tm < 22°C y I	≤ 50		> 50	> 60	≥ 60		
	Tv - Tl ≥ 5°C II	≤ 50		> 50		< 60		
Ustic(2)	Tm ≥ 22°C y/o I			> 50			> 50	
	Tv - Tl < 5°C II			> 50				> 50
Xeric	Tm < 22°C y I	≤ 50	< 60			≥ 60	≥ 60	
	Tv - Tl ≥ 5°C II	> 50	≥ 60			≥ 60	≥ 60	
		III	≤ 50	≥ 60		≥ 60	≥ 60	

**A = Seca > = 1/2 días acumulados con T 5°C**  
**B = Húmeda o parc. húm. < = 90 días consec. con T 8°C**  
**C = Seca o parc. seca > = 90 días acumulados**  
**D = Seca > = 45 días consec. en los 4 meses sig. solst. verano**  
**E = Húmeda > = 45 días consec. en 4 meses sig. sols. invierno**  
**F = Parcialmente húmeda > = 180 días acumulados**  
**G = Parcialmente húmeda > = 90 días consecutivos**

los regímenes de humedad. En el cuadro 61 figuran las ecuaciones lógicas y en los cuadros 62 y 63, los subtipos de cada uno de los regímenes de humedad. Finalmente, el régimen de humedad estimado a partir de una serie de datos, se determina a partir del cuadro 64.

#### **D- PROGRAMA INFORMATICO DEL MODELO FORMULADO: DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO**

En este apartado se describen la estructura y el funcionamiento del programa que ejecuta el modelo simulativo desarrollado en el apartado anterior. El conjunto consta de tres subprogramas:

- METODOJA.EXE (menú principal y entrada de datos)
- JARAUTA.COM (ejecuta los cálculos y da los resultados)
- DATOS-JA.DBF (estructura de la base de datos)

El primero y el tercero están escritos en lenguaje de programación dBASE III PLUS y el segundo en lenguaje de programación PASCAL, compilado con la versión 3.00.

Los ficheros de datos de precipitación y temperatura correspondientes a las series a procesar, deben encontrarse en un subdirectorio designado "DATOS-PT" que el usuario debe crear previamente; el programa enviará posteriormente a este mismo subdirectorio los ficheros de resultados anuales ".SCH" y globales ".REG".

Desde el sistema operativo se llama al subprograma METODOJA tecleando este nombre y pulsando < return > aparece entonces en pantalla el menú principal, que consta de las siguientes opciones:

- 1.- Creación de un fichero de datos
- 2.- Ejecución del programa
- 3.- Salida sistema operativo

Al pulsar la opción 1 se ejecuta el programa de creación de ficheros de datos y para ello se solicitan las siguientes especificaciones:

- observatorio de datos pluviométricos
- coordenadas geográficas
- serie a procesar: años inicial y final
- observatorio de datos termométricos
- perfil de suelo a utilizar
- tipo de datos de precipitación
- cultivo
- valores de los parámetros HR<sub>mín</sub>, n/N y U
- porcentaje diario medio de horas diurnas anuales
- coeficientes de cultivo
- nombre a dar al fichero de datos

Al pulsar la opción 2 se ejecuta el subprograma JARAUTA.COM que ejecuta los cálculos de acuerdo con el modelo formulado. Al comienzo el programa solicita el nombre del fichero de datos introducido mediante la opción 1 y también si las condiciones iniciales se definen directamente o se determinan mediante el proceso previo de varios años de la serie. Conocida esta información, comienzan los siguientes cálculos:

- 1) pide datos
- 2) carga ficheros de precipitación y temperatura
- 3) si cambia el mes calcula nuevos valores de ETo, ETc, I<sub>anda</sub>, q.
- 4) Introduce en el perfil la precipitación correspondiente
- 5) calcula ETr
- 6) extrae ETr del perfil
- 7) determina el estado de la sección control
- 8) si es el último día del año ir a 9, si no ir a 3)
- 9) calcula días en que la temperatura es mayor que 5° C y que 8° C.
- 10) analiza los criterios de Soil Taxonomy

- 11) según criterios determina subtipo de régimen de humedad
- 12) graba ficheros de estados de la sección control
- 13) si es último año de la serie ir a 14, si no ir a 2)
- 14) imprime resultados
- 15) vuelve a menú principal

La secuencia de los cálculos anteriores se muestra en el diagrama de flujo de la figura 17. Pulsando una tecla puede verse el estado del perfil del suelo, con especificación del día, mes y año de proceso así como la cantidad total de agua existente en el perfil en ese día. Al finalizar el proceso se listan por impresora los siguientes resultados:

- datos correspondientes al proceso realizado
- subtipo de régimen de humedad de cada año de la serie
- régimen de humedad resultante para la serie

En el subdirectorio "DATOS-PT" creado por el usuario, el programa envía los ficheros ".SCH" que contienen el estado de la sección control de humedad estimado día a día para cada uno de los años de la serie; estos ficheros pueden listarse por impresora o editarse. Se crea también un fichero con el nombre del observatorio y extensión ".REG" que contiene el régimen estimado para la serie.

Al pulsar la opción 3 (salida sistema) el programa se sitúa en el sistema operativo.

Los listados de los programas se encuentran en los Anejos 3 y 4.

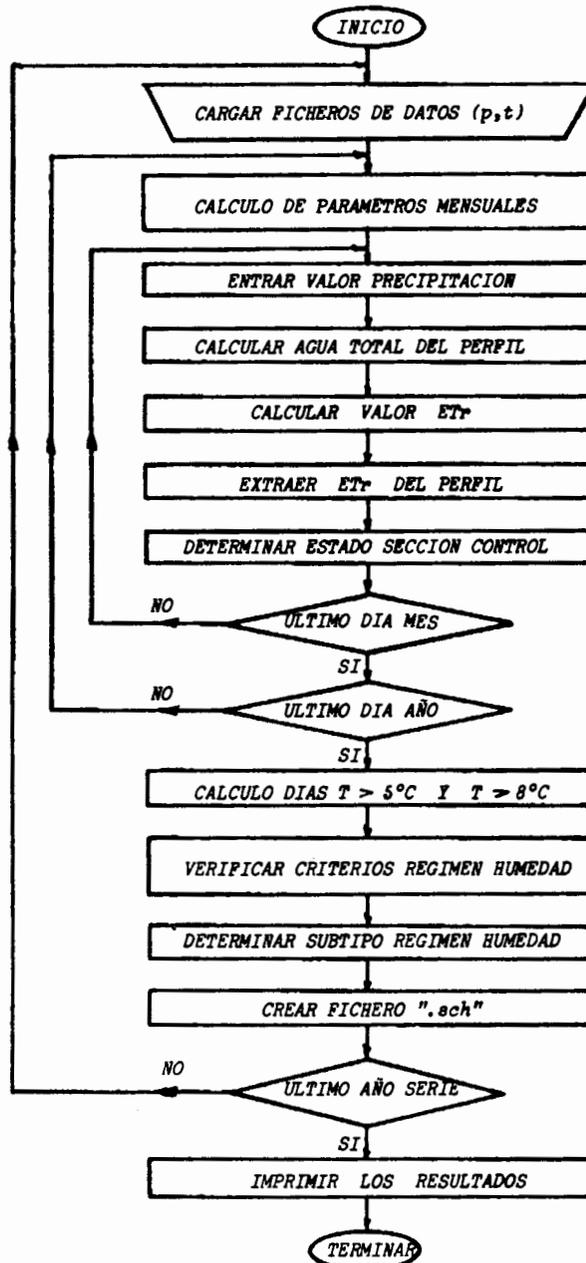


FIGURA 17.- Diagrama de flujo del programa que ejecuta el modelo propuesto en este trabajo.

## **E - VALIDACION DEL MODELO Y APLICACION A LA DETERMINACION DEL REGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DEL AREA MERIDIONAL DE LLEIDA**

### **E.1.- VALIDACION DEL MODELO**

Para obtener la confirmación de la validez del modelo formulado en el apartado anterior, deben compararse las estimaciones obtenidas mediante la aplicación del modelo simulativo con los resultados experimentales en los puntos de control; para ello, los valores de los parámetros del modelo deben corresponder a las condiciones reales de dichos puntos.

En el punto de control SAR-3 el cultivo es el almendro y el tipo de perfil es de 200 mm de capacidad; el resultado de la estimación del estado de la sección control de humedad en tales condiciones se representa en los cuadros 65, 66, 67 y 68 para cada uno de los años de muestreo. El punto de control SUN-2 tiene un perfil de 50 mm de capacidad y almendros y olivos de pequeño tamaño; el resultado de la estimación del estado de la sección control de humedad de acuerdo con estas características se representa en los cuadros 69, 70, 71 y 72. La coincidencia entre esta estimación y los resultados experimentales de campo (cuadros 38 a 45) prueba la validez del modelo simulativo que se propone.

En el cuadro 73 figura la comparación entre los regímenes de humedad de los suelos determinados en campo y estimados mediante el modelo simulativo propuesto; la coincidencia entre la estimación y los resultados experimentales prueba de nuevo la validez del modelo formulado en este trabajo y su mayor precisión respecto al modelo simulativo propuesto por F. Newhall (1976).

CUADRO 65.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SAR-3 en cada uno de los días del año 1985, estimado mediante el modelo que se propone. ( en las mismas condiciones que el punto de control )

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

M = Sección control de humedad húmeda en todas partes  
 B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte  
 D = Sección control de humedad seca en todas partes

**CUADRO 66.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SAR-3 en cada uno de los días del año 1986, estimado mediante el modelo que se propone.**

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

M = Sección control de humedad húmeda en todas partes

B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte

D = Sección control de humedad seca en todas partes

**CUADRO 67.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SAR-3 en cada uno de los días del año 1987, estimado mediante el modelo que se propone.**

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

M = Sección control de humedad húmeda en todas partes  
 B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte  
 D = Sección control de humedad seca en todas partes

**CUADRO 68.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SAR-3 en cada uno de los días del año 1988, estimado mediante el modelo que se propone.**

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

**M= Sección control de humedad húmeda en todas partes**

**B= Sección control de humedad húmeda en alguna parte**

**D= Sección control de humedad seca en todas partes**

**CUADRO 69.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SUN-2 en cada uno de los días del año 1985, estimado mediante el modelo que se propone.**

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

M = Sección control de humedad húmeda en todas partes

B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte

D = Sección control de humedad seca en todas partes

CUADRO 70.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SUN-2 en cada uno de los días del año 1986, estimado mediante el modelo que se propone.

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

M = Sección control de humedad húmeda en todas partes  
 B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte  
 D = Sección control de humedad seca en todas partes

**CUADRO 71.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SUN-2 en cada uno de los días del año 1987, estimado mediante el modelo que se propone.**

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

M = Sección control de humedad húmeda en todas partes

B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte

D = Sección control de humedad seca en todas partes

**CUADRO 72.- Estado de la sección control de humedad en el punto de control SUN-2 en cada uno de los días del año 1988, estimado mediante el modelo que se propone.**

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

**M = Sección control de humedad húmeda en todas partes**

**B = Sección control de humedad húmeda en alguna parte**

**D = Sección control de humedad seca en todas partes**

**CUADRO 73.- Comparación entre los criterios de Soil Taxonomy (1975) para la determinación del régimen de humedad de los suelos determinados en campo en los puntos de control y estimados mediante el modelo que se propone**

**CRITERIOS SEGUN DATOS DE CAMPO**

PUNTO DE CONTROL	AÑO	CRITERIOS					SUBTIPO RESULTANTE
		A	B	C	D	E	
SAR-3	1985	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1986	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1987	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1988	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
SUN-2	1985	1	0	1	1	1	Aridic(1)-1
	1986	1	0	1	1	0	Aridic(1)-2
	1987	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1988	0	0	1	1	1	Xeric-I-1

**CRITERIOS SEGUN MODELO SIMULATIVO PROPUESTO**

PUNTO DE CONTROL	AÑO	CRITERIOS					SUBTIPO RESULTANTE
		A	B	C	D	E	
SAR-3	1985	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1986	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1987	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1988	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
SUN-2	1985	1	0	1	1	1	Aridic(1)-1
	1986	1	0	1	1	0	Aridic(1)-2
	1987	0	0	1	1	1	Xeric-I-1
	1988	0	0	1	1	1	Xeric-I-1

A = Seca  $\geq$  1/2 días acumulados con T  $>$  5°C

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consec. con T  $>$  8°C

C = Seca o parc. seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solst. verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en 4 meses sig. sols. invierno

## **E.2.- APLICACION DEL MODELO PROPUESTO A LA DETERMINACION DEL REGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DEL AREA MERIDIONAL DE LLEIDA.**

El modelo formulado en este trabajo se ha aplicado a las series de datos disponibles del área meridional de Lleida. Para dicha estimación debe tenerse en cuenta la mayor variedad de opciones que presenta el modelo propuesto en relación al modelo de F. Newhall (1976); la estimación del régimen de humedad se ha realizado con los parámetros y características de los suelos de la zona estudiada.

Así pues, el modelo formulado en el apartado C de este capítulo, se ha aplicado con tres de los posibles perfiles de suelo (PF8, PF4 y PF2) que son los más comunes en el área meridional de Lleida; en cada caso se ha hecho la aplicación para los cultivos más frecuentes en la comarca: almendro, olivo y cereal y empleando datos de precipitación diaria y de precipitación mensual. Resultan por consiguiente los siguientes casos:

### **1) Perfil PF8**

cultivo almendro; cuadros 74, 75 y 76

cultivo olivo; cuadros 77, 78 y 79

cultivo cereal; cuadros 80, 81 y 82

### **2) Perfil PF4**

cultivo almendro; cuadros 83, 84 y 85

cultivo olivo; cuadros 86, 87 y 88

cultivo cereal; cuadros 89, 90 y 91

### **3) Perfil PF2**

cultivo almendro; cuadros 92, 93 y 94

cultivo olivo; cuadros 95, 96 y 97

cultivo cereal; cuadros 98, 99 y 100

El resultado de las aplicaciones del modelo, pone de manifiesto la existencia generalizada del régimen Xeric en los suelos de capacidad mayor o igual que 200 mm, pudiéndose distinguir entre el Xeric-I en zonas de almendro y cereal y el régimen Xeric-III

en algunas zonas de olivo. Al disminuir la capacidad de retención de humedad del perfil aumenta la probabilidad de obtención del régimen Aridic (ya apuntada en la discusión de los datos de campo) dándose este régimen con toda seguridad en los suelos de menor capacidad de retención de agua (PF2) y con cultivo de almendro o cereal.

Para analizar de forma coherente los resultados de las estimaciones anteriores, se ha procedido a realizar al análisis de los regímenes resultantes comparando la influencia de los siguientes parámetros:

- 1) tipo de cultivo
- 2) perfil de suelo
- 3) tipo de datos empleado en la estimación

La influencia del cultivo se pone de manifiesto en el cuadro 101, en el que se representa el porcentaje medio de verificación de los criterios de Soil Taxonomy para cada uno de los cultivos mencionados. Estos porcentajes se representan gráficamente en la figura 18, de modo que cada cultivo viene representado por una poligonal. Se observa que en el perfil de mayor capacidad de retención, PF8, el porcentaje de todos los criterios es muy similar excepto el criterio B que se cumple en porcentaje significativamente mayor en el olivo; a medida que disminuye la capacidad de retención del perfil disminuye la influencia del cultivo en el régimen de humedad, influencia que queda limitada al criterio A que condiciona el régimen Aridic.

La influencia de la capacidad de retención de humedad del perfil se representa en el cuadro 102 y se visualiza en las figuras 19 y 20; para todos los cultivos el perfil de menor capacidad (PF2) tiene el porcentaje más elevado en los criterios A y E y menor en el criterio B, aumentando con ello la probabilidad del régimen Aridic en los cultivos almendro y cereales. Ello es debido a la menor estabilidad del estado de la sección control de humedad en este tipo de perfiles.

El tipo de datos de precipitación (diaria o mensual) utilizado influye en la estimación del régimen de humedad de los suelos tal como se refleja en el cuadro 103 y

se pone de manifiesto en las figuras 21, 22 y 23. Partiendo de la base de que la estimación más aproximada a la realidad se obtiene a partir de datos de precipitación diaria, el modelo utilizado para la distribución de la precipitación mensual aumenta el porcentaje del criterio A y por tanto incrementa ligeramente la probabilidad de obtención del régimen Aridic en todos los perfiles; la diferencia en la estimación de los demás criterios no es significativamente diferente según el tipo de datos utilizado. De ello se deduce que el modelo de distribución propuesto en este trabajo para la precipitación mensual permite una estimación mucho más precisa que el modelo de distribución de la precipitación propuesto por F. Newhall (1976).

Para ultimar esta aplicación del modelo y la verificación del mismo, se representa en la figura 24 una comparación entre los resultados del modelo propuesto por F. Newhall (1976), del modelo propuesto en este trabajo y de los resultados obtenidos experimentalmente; con ello puede apreciarse cual de los dos modelos proporciona una estimación más aproximada a los datos de campo.

CUADRO 74.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: DIARIA ;perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	9	22	100	79	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	0	100	100	60	XERIC-I
ASPA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	33	19	100	95	67	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	27	13	100	100	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	33	14	100	81	67	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	35	10	100	90	65	XERIC-I
OMELLONS	51-88	43	5	100	92	62	XERIC-I
SARROCA	85-88	0	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	27	18	100	77	64	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 75.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: MENSUAL;  $k_i = 1$ ; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	30	17	100	91	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	39	17	100	100	78	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	0	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	13	100	100	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	38	14	100	100	81	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	43	14	100	100	76	XERIC-I
OMELLONS	51-88	47	11	100	100	66	XERIC-I
SARROCA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	33	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	36	27	100	95	82	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

**CUADRO 76.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: MENSUAL; ki variable; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)**

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	43	22	100	100	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	40	0	100	100	60	XERIC-I
ASPA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	56	11	100	100	56	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	75	0	100	100	80	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	27	20	100	100	73	XERIC-I
JUNEDA	68-88	47	14	100	95	67	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	24	14	100	100	67	XERIC-I
OMELLONS	51-88	62	8	100	100	54	ARIDIC
SARROCA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	100	0	100	100	60	ARIDIC
TORREBESES	86-88	100	0	100	100	67	ARIDIC
VILOSELL	67-88	45	23	100	100	73	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 77.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: DIARIA; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	4	56	100	83	74	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	60	100	100	80	XERIC-III
ASPA	85-88	0	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	11	50	100	89	83	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	0	80	100	100	80	XERIC-III
GRANADELLA	74-88	13	60	100	93	67	XERIC-III
JUNEDA	68-88	5	62	100	76	81	XERIC-III
LLARDECANS	68-88	13	57	100	81	81	XERIC-I
OMELLONS	51-88	5	57	100	89	68	XERIC-I
SARROCA	85-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
SUNYE	84-88	0	40	100	100	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	0	33	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	0	77	100	77	86	XERIC-III

- A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 78.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: MENSUAL;  $k_1 = 1$ ; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	9	65	100	96	87	XERIC-III
ALMATRET	84-88	20	40	100	100	100	XERIC-I
ASPA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	22	50	100	100	83	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	0	60	100	100	80	XERIC-III
GRANADELLA	74-88	20	60	100	100	67	XERIC-III
JUNEDA	68-88	24	48	100	90	90	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	23	55	100	95	86	XERIC-I
OMELLONS	51-88	29	39	100	95	71	XERIC-I
SARROCA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	40	100	100	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	0	33	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	0	82	100	100	86	XERIC-III

- A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 79.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: MENSUAL; ki variable; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	26	61	100	100	78	XERIC-III
ALMATRET	84-88	20	60	100	100	60	XERIC-III
ASPA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	33	60	100	100	80	XERIC-III
CASTELLDANS	84-88	0	67	100	100	67	XERIC-III
GRANADELLA	74-88	33	53	100	100	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	29	52	100	100	86	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	38	57	100	95	70	XERIC-I
OMELLONS	51-88	49	30	100	100	68	XERIC-I
SARROCA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	40	100	100	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	33	33	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	14	82	100	96	86	XERIC-III

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca  $\geq$  o parcialmente seca 90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 80.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: DIARIA; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	39	13	100	83	65	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	0	100	100	60	XERIC-I
ASPA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B	70-87	32	16	100	95	63	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	40	7	100	93	60	XERIC-I
JUNEDA	68-88	38	5	100	86	67	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	33	5	100	95	71	XERIC-I
OMELLONS	51-88	39	5	100	92	61	XERIC-I
SARROCA	85-88	0	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	0	100	100	60	XERIC-I
TORREBESES	86-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	32	14	100	82	86	XERIC-I

- A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 81.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: MENSUAL;  $k_i = 1$  ;perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	43	13	100	100	65	XERIC-I
ALMATRET	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
BORGES B.	70-87	50	11	100	100	72	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	7	100	100	60	XERIC-I
JUNEDA	68-88	43	10	100	95	71	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	48	5	100	100	71	XERIC-I
OMELLONS	51-88	53	3	100	100	58	ARIDIC
SARROCA	85-88	40	0	100	100	60	XERIC-I
SUNYE	84-88	60	0	100	100	60	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	36	14	100	100	82	XERIC-I

- A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 82.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: MENSUAL; ki variable ; perfil suelo: PF8 (200 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	52	9	100	96	61	ARIDIC
ALMATRET	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
ASPA	85-88	75	0	100	100	50	ARIDIC
BORGES B.	70-87	56	0	100	100	67	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	40	7	100	60	XERIC-I	
JUNEDA	68-88	57	10	100	100	67	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	57	75	100	100		ARIDIC
OMELLONS	51-88	55	3	100	100	55	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	50	ARIDIC
SUNYE	84-88	80	0	100	100	60	ARIDIC
TORREBESES	86-87	0		100	67	ARIDIC	
VILOSELL	67-88	50	14	100	100	73	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con T  $>$  5°C  
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con T  $>$  8°C  
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 83.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: DIARIA perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	22	13	100	83	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	0	100	100	60	XERIC-I
ASPA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	33	17	100	94	67	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	33	7	100	93	60	XERIC-I
JUNEDA	68-88	29	5	100	81	71	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	33	10	100	95	71	XERIC-I
OMELLONS	51-88	42	5	100	92	66	XERIC-I
SARROCA	85-88	0	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-	20	0	100	80	60	XERIC-I
TORREBESES	86-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	23	18	100	82	82	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con T  $>$  5°C  
 B = Húmeda o parc. húm  $\geq$  90 días consecutivos con T  $>$  8°C  
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 84.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: MENSUAL ; ki = 1 ;perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	30	9	100	96	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
BORGES B.	70-87	44	11	100	100	78	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	7	100	100	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	48	10	100	100	81	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	43	10	100	100	71	XERIC-I
OMELLONS	51-88	53	5	100	100	63	ARIDIC
SARROCA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	36	14	100	95	82	XERIC-I

- A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con T  $5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con T  $8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 85.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: MENSUAL ; ki Variable perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	52	9	100	96	61	ARIDIC
ALMATRET	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	75	0	100	100	50	ARIDIC
BORGES B.	70-87	56	6	100	100	72	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	53	7	100	100	60	ARIDIC
JUNEDA	68-88	52	10	100	100	71	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	57	10	100	100	67	ARIDIC
OMELLONS	51-88	58	5	100	100	58	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100		50	ARIDIC
SUNYE	84-88	80	0	100	100	60	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	67	ARIDIC
VILOSELL	67-88	45	9	100	100	73	XERIC-I

- A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con T  $> 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con T  $> 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 86.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: DIARIA; perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	9	43	100	87	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	40	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	0	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	11	44	100	94	83	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	20	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	13	47	100	93	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	10	38	100	86	76	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	19	38	100	90	81	XERIC-I
OMELLONS	51-88	16	26	100	92	68	XERIC-I
SARROCA	85-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
SUNYE	84-88	0	20	100	80	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	0	33	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	5	45	100	77	86	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq 90$  días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq 90$  días acumulados

D = Seca  $\geq 45$  días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq 45$  días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 87.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: MENSUAL ;  $k_f = 1$  ; perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERI	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	13	57	100	96	87	XERIC-I
ALMATRET	84-88	20	40	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	22	44	100	100	83	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	20	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	13	47	100	100	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	29	33	100	100	90	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	38	43	100	100	86	XERIC-I
OMELLONS	51-88	29	21	100	95	71	XERIC-I
SARROCA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	20	100	100	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	33	33	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	9	57	100	91	87	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq 90$  días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq 90$  días acumulados

D = Seca  $\geq 45$  días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq 45$  días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 88.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: MENSUAL ; ki variable ; perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	26	52	100	96	70	XERIC-I
ALMATRET	84-88	20	40	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	33	39	100	100	72	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	40	20	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	40	40	100	100	67	XERIC-I
JUNEDA	68-88	38	33	100	100	86	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	48	43	100	100	76	XERIC-I
OMELLONS	51-88	50	21	100	100	66	XERIC-I
SARROCA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	20	100	100	60	XERIC-I
TORREBESES	86-88	33	33	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	32	59	100	95	86	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 89.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: DIARIA ; perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	35	4	100	83	65	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	25	0	100	100	75	XERIC-I
BORGES B.	70-87	33	11	100	100	67	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	7	100	93	60	XERIC-I
JUNEDA	68-88	38	5	100	86	67	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	33	5	100	95	67	XERIC-I
SARROCA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	0	100	80	60	XERIC-I
TORREBESES	86-88	33	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	36	5	100	86	77	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Humeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 90.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: MENSUAL;  $k_i = 1$  ; perfil suelo: PF4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	48	9	100	96	65	XERIC-I
ALMATRET	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
BORGES B.	70-87	50	6	100	100	72	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	7	100	100	60	XERIC-I
JUNEDA	68-88	52	5	100	95	71	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	52	5	100	100	71	ARIDIC
OMELLONS	51-88	58	2	100	100	58	ARIDIC
SARROCA	85-88	50	0	100	100	75	XERIC-I
SUNYE	84-88	80	0	100	100	60	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	41	9	100	100	82	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 91.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: MENSUAL; ki variable ; perfil suelo: P F4 (100 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	56	9	100	100	61	ARIDIC
ALMATRET	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
ASPA	85-88	100	0	100	100	50	ARIDIC
BORGES B.	70-87	56	6	100	100	67	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	53	7	100	100	53	ARIDIC
JUNEDA	68-88	57	5	100	100	67	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	57	5	100	100	62	ARIDIC
OMELLONS	51-88	63	3	100	100	53	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	50	ARIDIC
SUNYE	84-88	80	0	100	100	60	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	67	ARIDIC
VILOSELL	67-88	55	9	100	100	73	ARIDIC

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 92.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: DIARIA; perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	48	4	100	100	87	XERIC-I
ALMATRET	84-88	20	0	100	100	80	XERIC-I
ASPA	85-88	50	0	100	100	100	XERIC-I
BORGES B.	70-87	50	6	100	100	89	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	100	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	7	100	100	93	XERIC-I
JUNEDA	68-88	57	0	100	86	86	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	52	5	100	95	86	ARIDIC
OMELLONS	51-88	54	3	100	92	76	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
SUNYE	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
TORREBESES	86-88	33	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	41	0	100	91	100	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 93.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: MENSUAL ; ki = 1 ;perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	65	0	100	100	87	ARIDIC
ALMATRET	84-88	60	0	100	100	100	ARIDIC
ASPA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
BORGES B.	70-87	61	0	100	100	89	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	60	0	100	100	100	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	67	0	100	100	87	ARIDIC
JUNEDA	68-88	67	0	100	100	90	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	57	0	100	100	95	ARIDIC
OMELLONS	51-88	63	0	100	100	76	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
SUNYE	84-88	80	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	55	5	100	100	95	ARIDIC

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 94.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: ALMENDRO; datos precipitación: MENSUAL ; ki variable ; perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	70	0	100	100	87	ARIDIC
ALMATRET	84-88	80	0	100	100	100	ARIDIC
ASPA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
BORGES B.	70-87	66	0	100	100	89	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	80	0	100	100	100	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	71	0	100	100	87	ARIDIC
JUNEDA	68-88	72	0	100	100	90	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	72	0	100	100	95	ARIDIC
OMELLONS	51-88	63	0	100	100	76	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
SUNYE	84-88	80	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	55	5	100	100	95	ARIDIC

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 95.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: DIARIA; perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	22	9	100	83	87	XERIC-I
ALMATRET	84-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
ASPA	85-88	25	0	100	100	100	XERIC-I
BORGES B.	70-87	28	17	100	100	89	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	20	0	100	100	100	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	40	7	100	93	93	XERIC-I
JUNEDA	68-88	29	5	100	86	86	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	24	5	100	95	90	XERIC-I
OMELLONS	51-88	34	8	100	95	82	XERIC-I
SARROCA	85-88	0	0	100	100	100	XERIC-I
SUNYE	84-88	20	0	100	100	100	XERIC-I
TORREBESES	86-88	33	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	27	14	100	91	100	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 96.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: MENSUAL ; ki = perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	30	9	100	96	91	XERIC-I
ALMATRET	84-88	40	0	100	100	100	XERIC-I
ASPA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
BORGES B.	70-87	39	11	100	100	89	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	25	0	100	100	100	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	40	7	100	100	87	XERIC-I
JUNEDA	68-88	43	5	100	95	90	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	43	5	100	100	95	XERIC-I
OMELLONS	51-88	52	5	100	95	79	ARIDIC
SARROCA	85-88	50	0	100	100	100	XERIC-I
SUNYE	84-88	60	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	32	18	100	91	95	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

**CUADRO 97.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: OLIVO ; datos precipitación: MENSUAL ; ki variable; perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)**

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	56	4	100	100	91	ARIDIC
ALMATRET	84-88	60	0	100	100	100	ARIDIC
ASPA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
BORGES B.	70-87	44	6	100	100	89	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	50	0	100	100	100	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	47	0	100	100	93	XERIC-I
JUNEDA	68-88	48	0	100	100	95	XERIC-I
LLARDECANS	68-88	48	0	100	100	100	XERIC-I
OMELLONS	51-88	57	5	100	100	84	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
SUNYE	84-88	60	0	100	100	100	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	42	11	100	95	95	XERIC-I

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 98.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: DIARIA ; perfil suelo : PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	61	0	100	91	83	ARIDIC
ALMATRET	84-88	80	0	100	100	100	ARIDIC
ASPA	85-88	75	0	100	100	100	ARIDIC
BORGES B.	70-87	50	0	100	100	83	XERIC-I
CASTELLDANS	84-88	40	0	100	100	80	XERIC-I
GRANADELLA	74-88	67	0	100	100	93	ARIDIC
JUNEDA	68-88	67	0	100	95q	86	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	52	0	100	95	86	ARIDIC
OMELLONS	51-88	68	0	100	92	76	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
SUNYE	84-88	60	0	100	80	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	33	0	100	100	100	XERIC-I
VILOSELL	67-88	55	0	100	91	95	ARIDIC

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm. 90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca 90 días acumulados  
 D = Seca 45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda 45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 99.- Regímenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área meridional de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo: CEREAL ; datos precipitación: MENSUAL;  $k_1 = 1$  ; perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	78	0	100	100	87	ARIDIC
ALMATRET	84-88	60	0	10	100	100	ARIDIC
ASPA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
BORGES B.	70-87	67	0	100	100	83	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	80	0	100	100	100	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	73	0	100	100	87	ARIDIC
JUNEDA	68-88	71	0	100	95	86	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	71	0	100	100	86	ARIDIC
OMELLONS	51-88	76	0	100	100	71	ARIDIC
SARROCA	85-88	75	0	100	100	75	ARIDIC
SUNYE	84-88	100	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	59	0	100	100	95	ARIDIC

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$   
 B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$   
 C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados  
 D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano  
 E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 100.- Regimenes de humedad de los suelos de diversos observatorios del área de Lleida determinados aplicando el modelo que se propone y con los parámetros siguientes: Cultivo CEREAL ; Datos precipitación :MENSUAL; ki = variable; perfil suelo: PF2 (50 mm de capacidad)

OBSERVATORIO	SERIE	CRITERIOS SOIL TAXONOMY (%)					REGIMEN DE HUMEDAD
		A	B	C	D	E	
ALBAGES	66-88	87	0	100	100	83	ARIDIC
ALMATRET	84-88	80	0	100	100	100	ARIDIC
ASPA	85-88	100	0	100	100	75	ARIDIC
BORGES B.	70-87	78	0	100	100	83	ARIDIC
CASTELLDANS	84-88	100	0	100	100	100	ARIDIC
GRANADELLA	74-88	80	0	100	100	87	ARIDIC
JUNEDA	68-88	90	0	100	100	86	ARIDIC
LLARDECANS	68-88	81	0	100	100	86	ARIDIC
OMELLONS	51-88	89	0	100	100	71	ARIDIC
SARROCA	85-88	100	0	100	100	75	ARIDIC
SUNYE	84-88	100	0	100	100	80	ARIDIC
TORREBESES	86-88	67	0	100	100	100	ARIDIC
VILOSELL	67-88	73	0	100	100	91	ARIDIC

A = Seca  $\geq$  la mitad de los días acumulados con  $T > 5^{\circ}\text{C}$

B = Húmeda o parc. húm.  $\geq$  90 días consecutivos con  $T > 8^{\circ}\text{C}$

C = Seca o parcialmente seca  $\geq$  90 días acumulados

D = Seca  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio verano

E = Húmeda  $\geq$  45 días consec. en los 4 meses sig. solsticio invierno

CUADRO 101.- Influencia del tipo de cultivo en el régimen de humedad estimado mediante el modelo simulativo para diferentes perfiles, (Datos de precipitación diaria)

CULTIVO	PERFIL	CRITERIOS DE SOIL TAXONOMY (%)				
		A	B	C	D	E
OLIVO	PF8	3.5	48.6	100	91.4	81.2
ALMENDRO	PF8	22.4	7.8	100	93.4	71.7
CEREAL	PF8	24.5	5.0	100	94.3	71.0
OLIVO	PF4	7.9	30.3	100	92.2	80.4
ALMENDRO	PF4	21.5	5.8	100	92.3	67.5
CEREAL	PF4	31.9	3.2	100	93.5	70.3
OLIVO	PF2	21.0	5.0	100	95.6	94.4
ALMENDRO	PF2	45.2	1.9	100	97.2	90.5
CEREAL	PF2	60.2	0.0	100	95.7	87.5

CUADRO 102.- Influencia de la capacidad de retención del perfil en los criterios de Soil Taxonomy para el modelo propuesto (según diferentes cultivos y tipos de datos de precipitación)

PERFIL	CULTIVO	DATOS	CRITERIOS DE SOIL TAXONOMY (%)				
			A	B	C	D	E
PF8	ALMENDRO	PLD	22.4	7.8	100	93.4	71.7
PF4	ALMENDRO	PLD	21.5	5.8	100	92.3	67.5
PF2	ALMENDRO	PLD	45.2	1.9	100	97.2	90.5
PF8	ALMENDRO	PLM(1)	36.0	8.7	100	98.9	77.7
PF4	ALMENDRO	PLM(1)	47.1	5.1	100	99.3	77.1
PF2	ALMENDRO	PLM(1)	65.5	0.4	100	100.0	82.6
PF8	OLIVO	PLD	3.5	48.6	100	91.4	81.2
PF4	OLIVO	PLD	7.9	30.3	100	92.2	80.4
PF2	OLIVO	PLD	21.0	5.0	100	95.6	94.4
PF8	OLIVO	PLM(1)	16.7	44.0	100	98.2	83.1
PF4	OLIVO	PLM(1)	24.7	32.0	100	98.6	81.6
PF2	OLIVO	PLM(1)	44.3	4.2	100	98.2	92.7
PF8	CEREAL	PLD	24.5	5.0	100	94.3	71.0
PF4	CEREAL	PLD	31.9	3.2	100	93.5	70.3
PF2	CEREAL	PLD	60.2	0.0	100	95.7	87.5
PF8	CEREAL	PLM(1)	47.8	4.8	100	99.6	71.8
PF4	CEREAL	PLM(1)	52.3	3.3	100	99.3	73.0
PF2	CEREAL	PLM(1)	73.5	0.0	100	99.5	86.5

PLD = Precipitación diaria  
PLM (1) = Precipitación mensual total

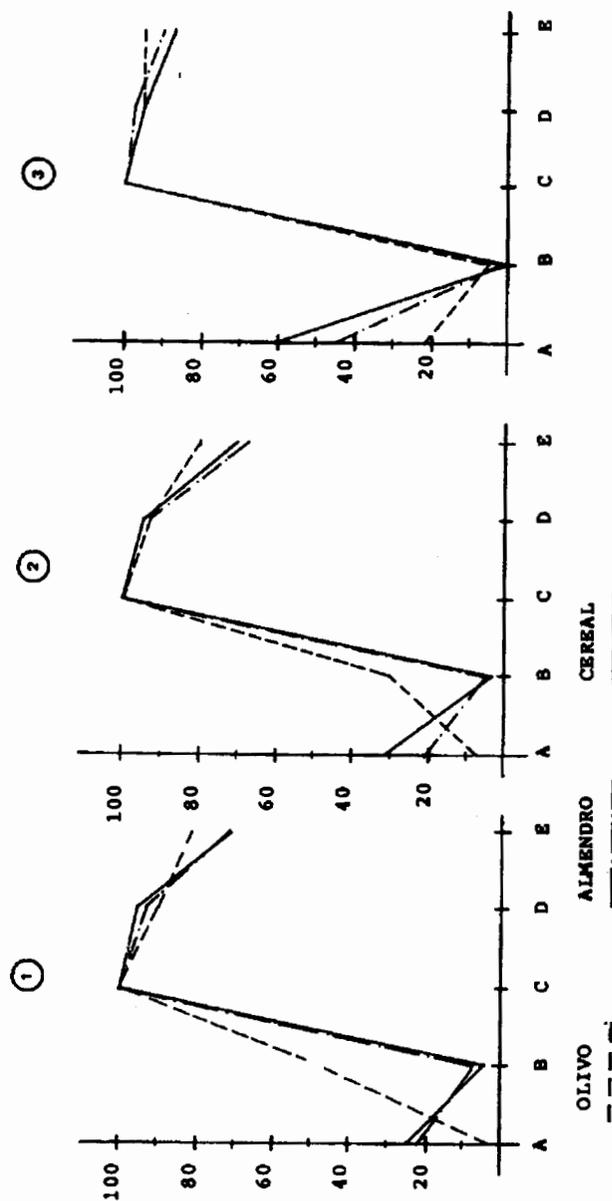
CUADRO 103.- Influencia del tipo de datos de precipitación en la estimación del régimen de humedad de los suelos, para diferentes cultivos y perfiles de suelo, en el modelo que se propone.

PERFIL	CULTIVO	DATOS	CRITERIOS DE SOIL TAXONOMY (%)				
			A	B	C	D	E
PF8	ALMENDRO	PLD	22.4	7.8	100	93.4	71.7
PF8	ALMENDRO	PLM(1)	36.0	8.7	100	98.9	77.7
PF8	ALMENDRO	PLM(2)	53.4	8.6	100	99.6	67.5
PF8	OLIVO	PLD	3.5	48.6	100	91.4	81.2
PF8	OLIVO	PLM(1)	16.7	44.0	100	98.2	83.1
PF8	OLIVO	PLM(2)	26.5	45.8	100	99.3	76.3
PF8	CEREAL	PLD	24.5	5.0	100	94.3	71.0
PF8	CEREAL	PLM(1)	47.8	4.8	100	99.6	71.8
PF8	CEREAL	PLM(2)	60.3	3.7	100	99.7	64.0
PF4	ALMENDRO	PLD	21.5	5.8	100	92.3	67.5
PF4	ALMENDRO	PLM(1)	47.1	5.1	100	99.3	77.1
PF4	ALMENDRO	PLM(2)	54.0	4.3	100	99.7	65.3
PF4	OLIVO	PLD	7.9	30.3	100	92.2	80.4
PF4	OLIVO	PLM(1)	24.7	32.0	100	98.6	81.6
PF4	OLIVO	PLM(2)	36.9	30.8	100	99.3	76.4
PF4	CEREAL	PLD	31.9	3.2	100	93.5	67.5
PF4	CEREAL	PLM(1)	52.3	3.3	100	99.3	73.0
PF4	CEREAL	PLM(2)	64.5	3.4	100	100	63.3
PF2	ALMENDRO	PLD	45.2	1.9	100	97.2	90.5
PF2	ALMENDRO	PLM(1)	65.5	0.4	100	100	90.3
PF2	ALMENDRO	PLM(2)	80.8	0.0	100	100	90.1
PF2	OLIVO	PLD	21.0	5.0	100	95.6	94.4
PF2	OLIVO	PLM(1)	44.3	4.2	100	98.2	92.7
PF2	OLIVO	PLM(2)	56.1	2.0	100	99.6	95.9
PF2	CEREAL	PLD	60.2	0.0	100	95.7	87.5
PF2	CEREAL	PLM(1)	73.5	0.0	100	99.5	86.5
PF2	CEREAL	PLM(2)	86.5	0.0	100	100	85.9

PLD = Precipitación diaria

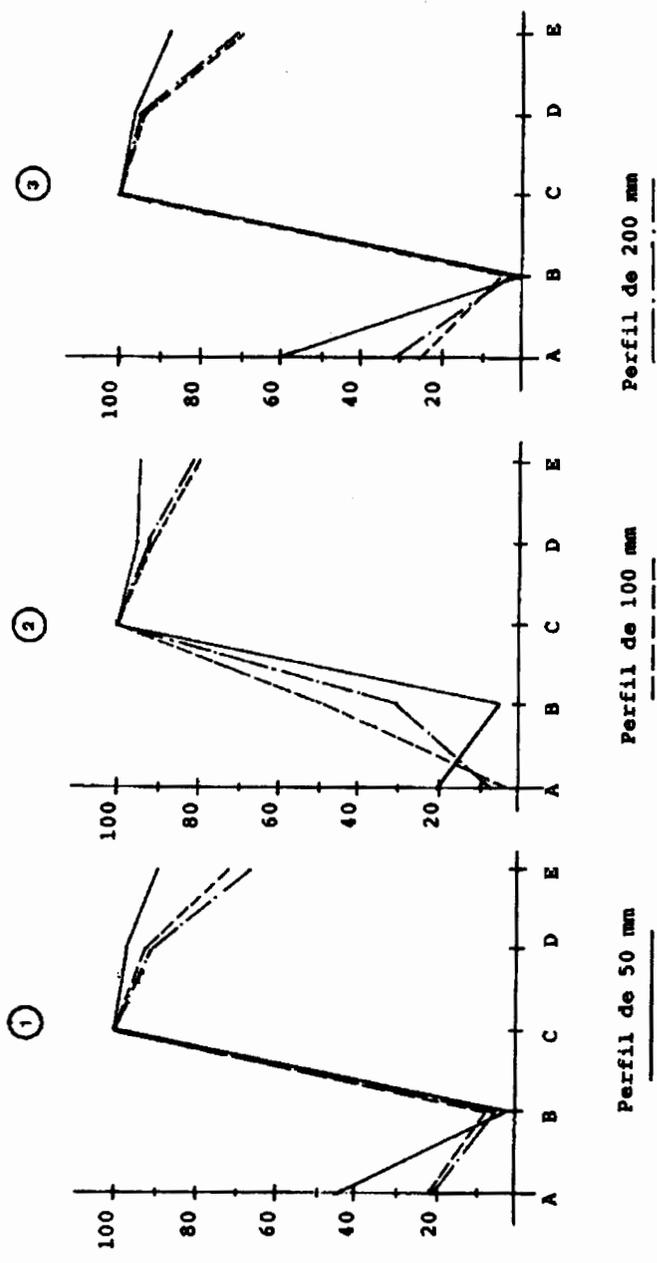
PLM (1) = Precipitación mensual total

PLM (2) = Precipitación mensual corregida



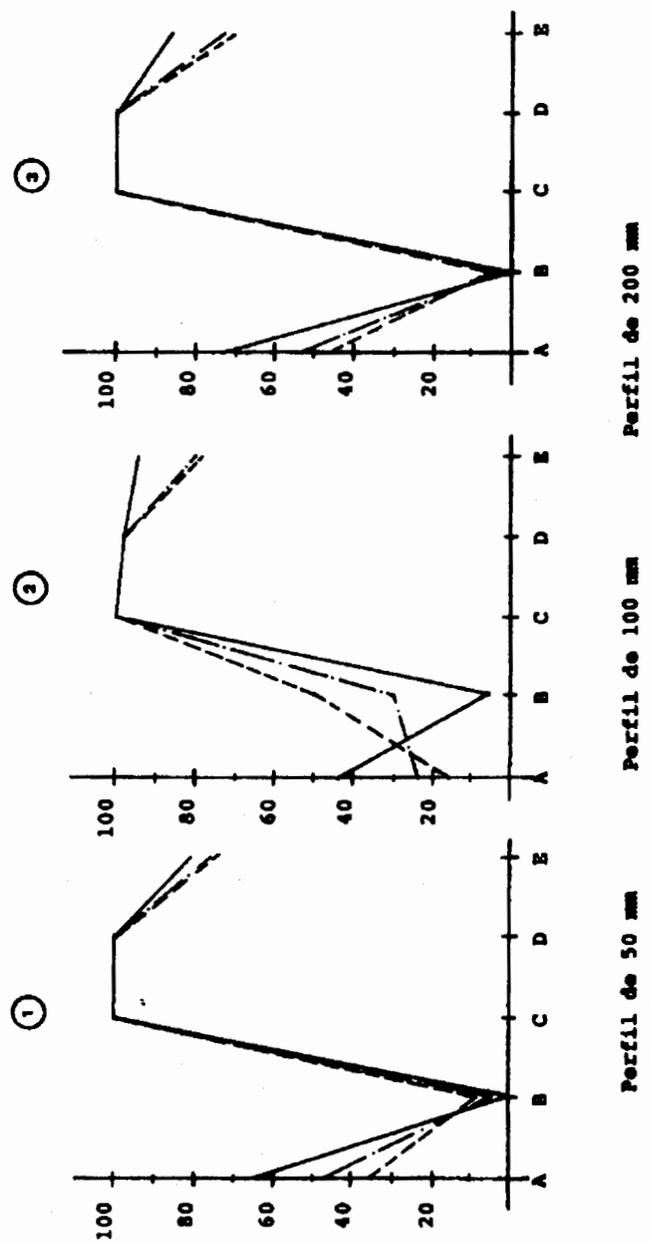
- 1.- Perfil de 200 mm de capacidad (PF8)
- 2.- Perfil de 100 mm de capacidad (PF4)
- 3.- Perfil de 50 mm de capacidad (PF2)

FIGURA 18.-Influencia del cultivo en los criterios del regimen de humedad. para diferentes capacidades de retencion de humedad del perfil, en el modelo propuesto (datos precipitacion diaria).



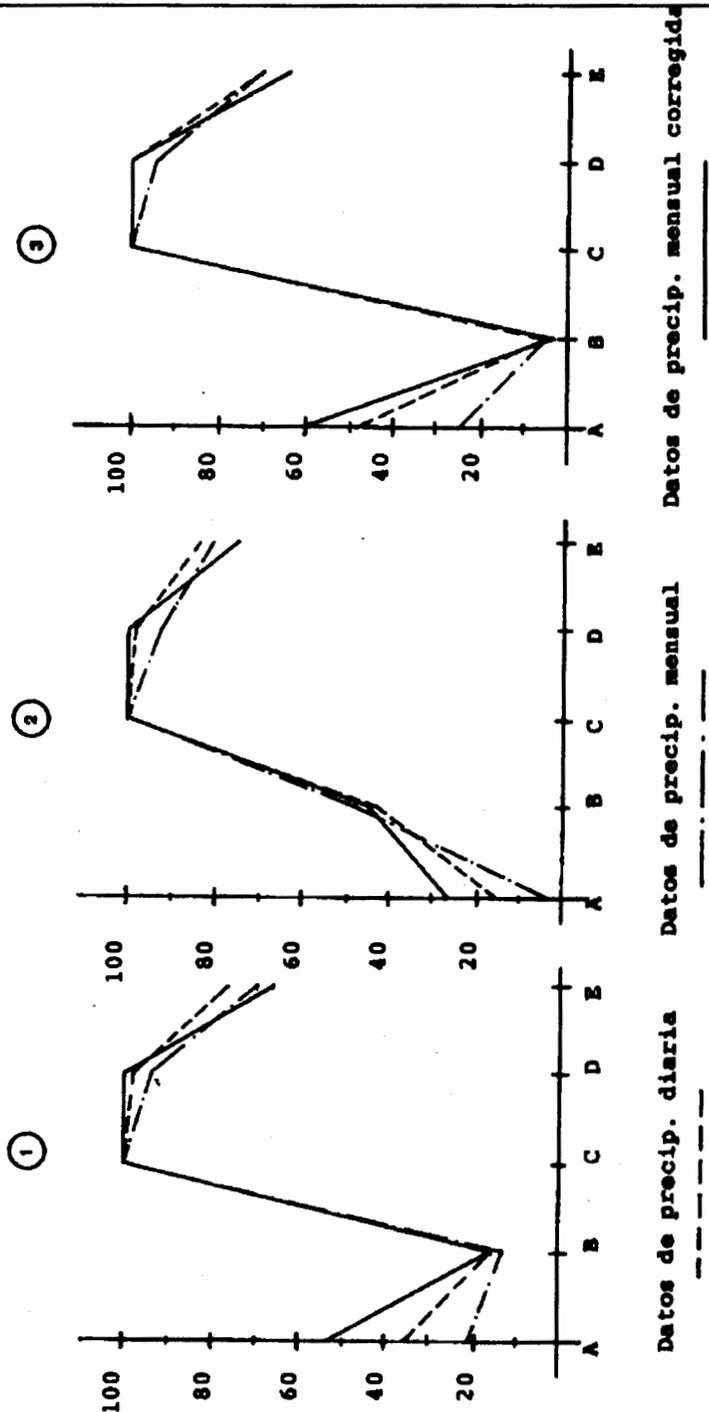
- 1.-Cultivo almendro
- 2.-Cultivo olivo
- 3.- Cultivo cereal

FIGURA 19.- Influencia de la capacidad de retencion del perfil en los criterios del regimen de humedad para diferentes cultivos, en el modelo que se propone. (datos de precipitacion diaria)



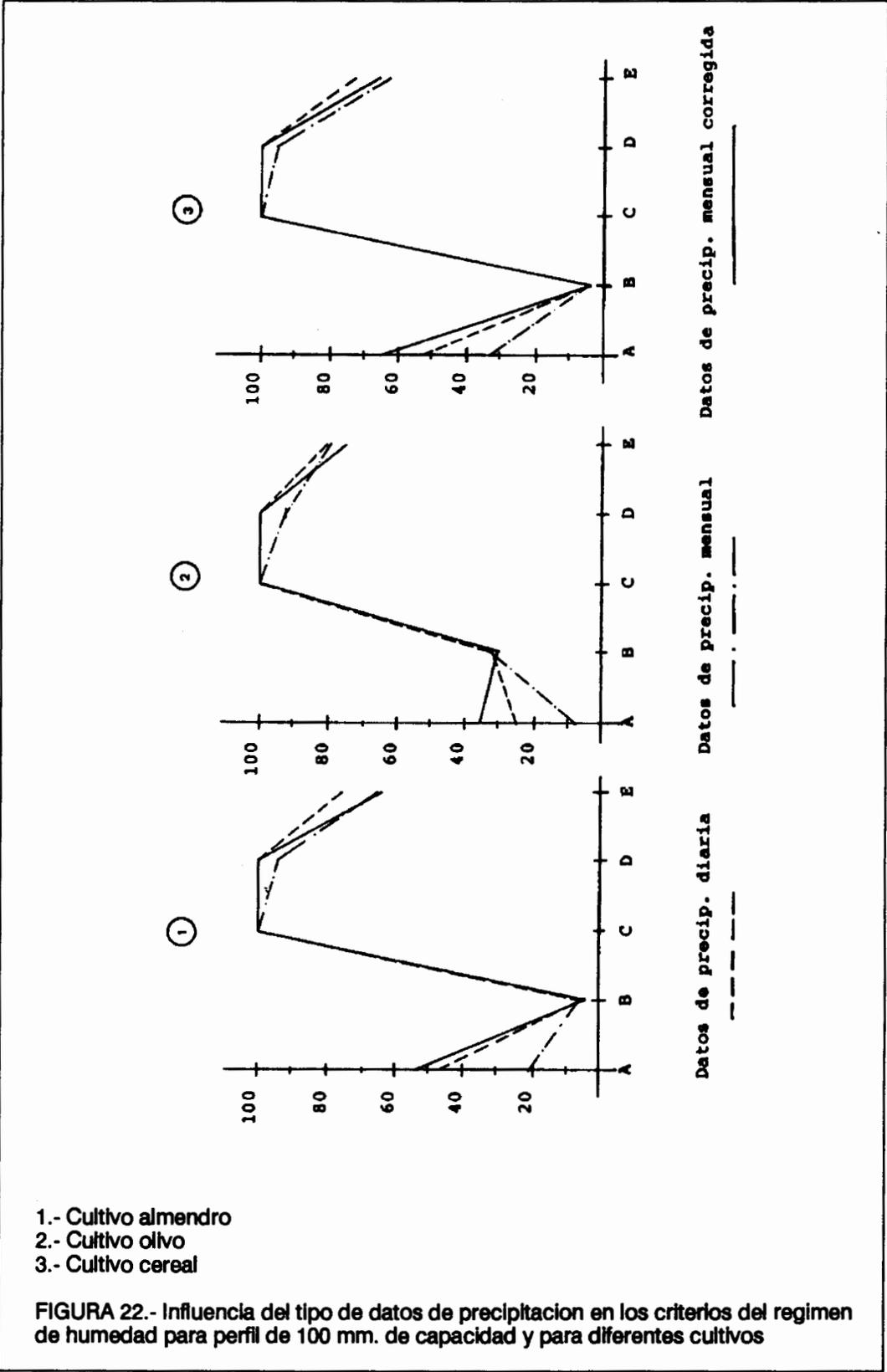
- 1.- Cultivo almendro
- 2.- Cultivo olivo
- 3.- Cultivo cereal

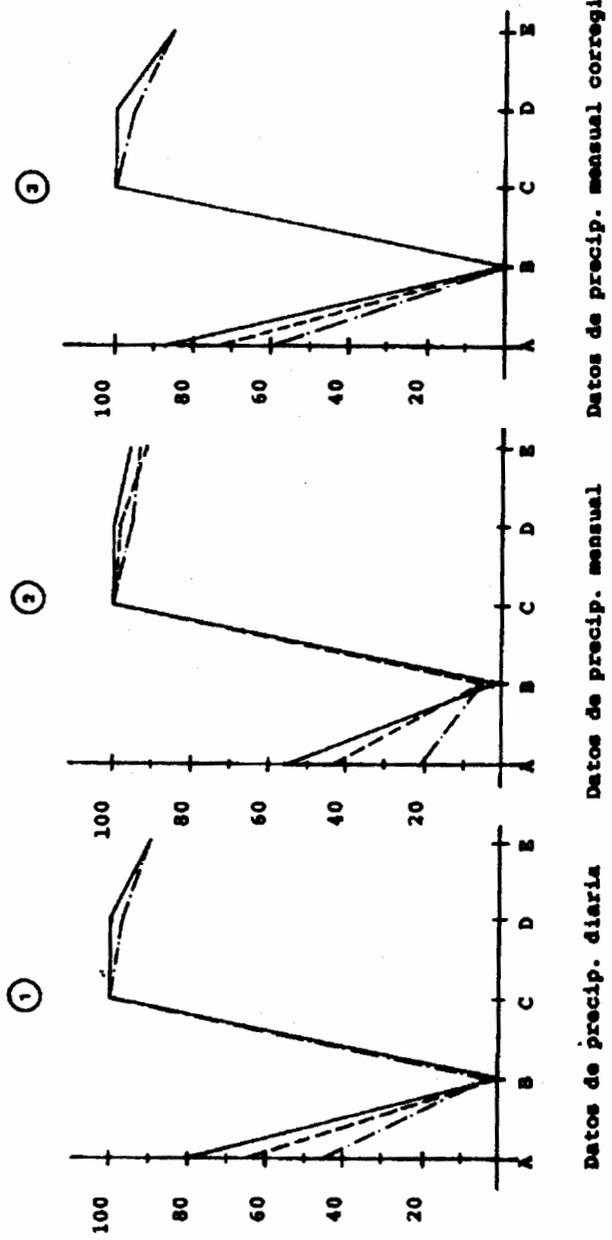
FIGURA 20.- Influencia de la capacidad de retencion del perfil en los criterios del regimen de humedad, para diferentes cultivos en el modelo que se propone (datos de precipitacion mensual)



- 1.- Cultivo almendro
- 2.- Cultivo olivo
- 3.- Cultivo cereal

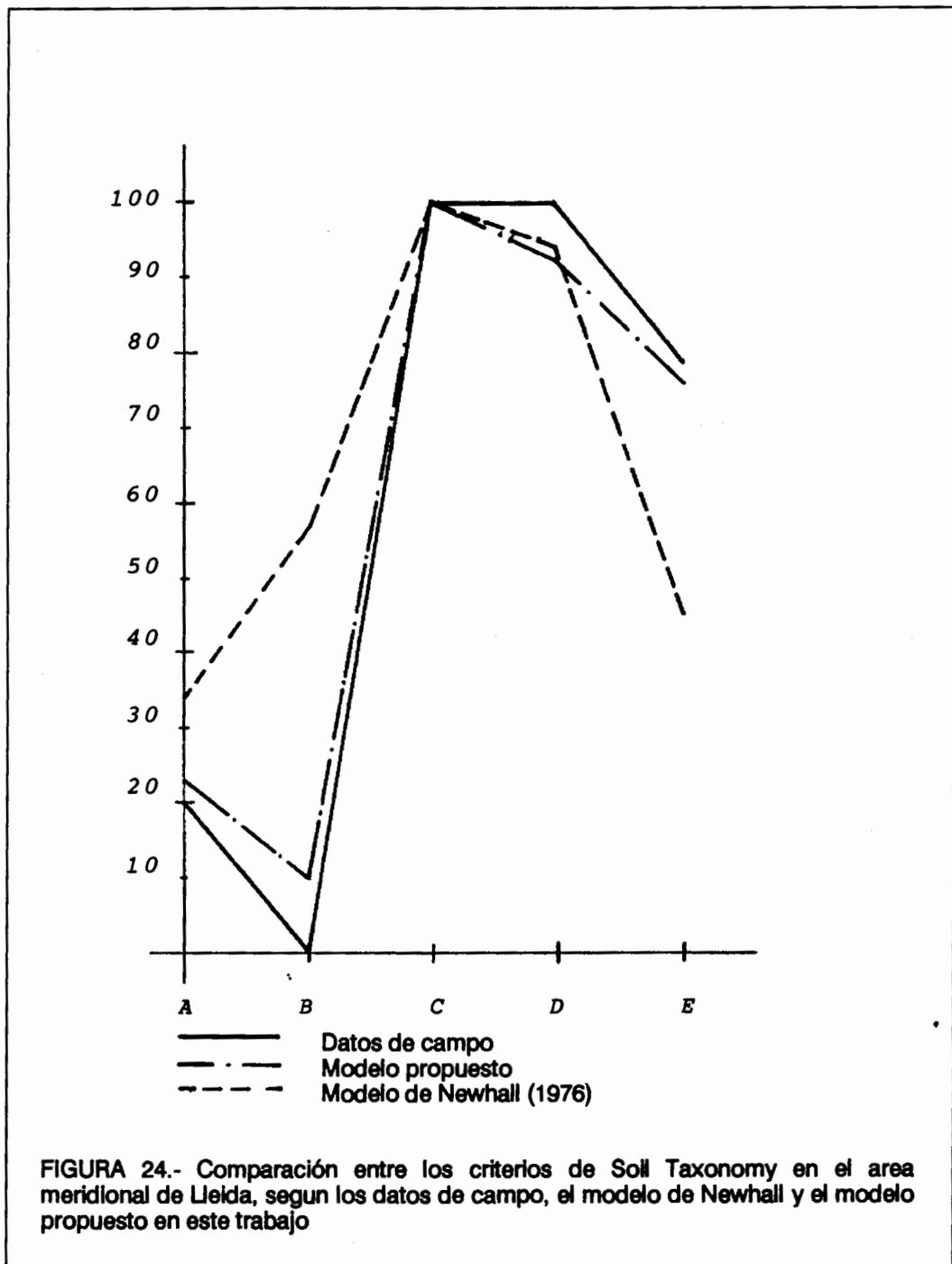
FIGURA 21.- Influencia del tipo de datos de precipitacion en los criterios del regimen de humedad para perfil de 200 mm. de capacidad para diferentes cultivos.





- 1.- Cultivo almendro
- 2.- Cultivo olivo
- 3.- Cultivo cereal

FIGURA 23.- Influencia del tipo de datos de precipitacion en los criterios del regimen de humedad para perfil de 50 mm. de capacidad y para diferentes cultivos .Datos experimentales de campo.



## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES**

A continuación se formulan las conclusiones obtenidas a partir de la presente investigación, referentes a los criterios del régimen de humedad de los suelos, al modelo simulativo propuesto por F. Newhall (1976) y al modelo propuesto en este trabajo.

1) Es necesaria una redefinición de las ecuaciones lógicas que definen los regímenes de humedad de los suelos según Soil Taxonomy, para eliminar las contradicciones puestas de manifiesto en este trabajo.

2) Se observan discrepancias muy notables entre el régimen de humedad de los suelos estimado mediante el modelo propuesto por F. Newhall (1976) y el régimen de humedad determinado a partir de medidas en campo, por lo que su ámbito de aplicación no puede considerarse universal.

3) La aplicación a una zona semiárida (área meridional de Lleida) del modelo propuesto por F. Newhall (1976) ofrece como resultado la aparición generalizada del régimen de humedad Ustic. Esto resulta contradictorio con la concepción de este

régimen, que está pensado para caracterizar el régimen de humedad de los suelos de zonas con disponibilidad de agua durante la estación con temperaturas que permiten el crecimiento de los cultivos, lo que no ocurre en la zona estudiada.

4) Se han observado como principales causas de error en la estimación del régimen de humedad de los suelos mediante el modelo de F. Newhall, las siguientes:

- imprecisión en la tabla de frecuencias que definen los tipos de regímenes de humedad.

- imprecisiones en la simulación de la entrada de agua de lluvia en el perfil de suelo, tanto por su distribución en el tiempo, como en la evaluación de la cantidad realmente infiltrada.

- imprecisión en la simulación de la extracción del agua del suelo, pues utiliza una aproximación que no es válida para una zona como la estudiada.

5) El modelo simulativo propuesto en este trabajo se aproxima mejor al régimen de humedad determinado a partir de medidas en campo que el modelo de F. Newhall (1976) al eliminar las causas de imprecisión del citado modelo e incorporar nuevos elementos de diseño.

6) El régimen de humedad de los suelos del área meridional de Lleida es Xeric-I con alguna posibilidad de Xeric-III en los suelos de mayor capacidad de retención de humedad y el régimen es Ardic en los suelos poco profundos.

7) Las diferencias observadas en los estados de humedad de los perfiles de suelo correspondientes a los puntos de control dentro de un mismo año, ponen de manifiesto la influencia del tamaño de la sección control de humedad y de la capacidad de retención de humedad del perfil en la variabilidad del estado de la misma.

8) Las condiciones meteorológicas habituales y el régimen de humedad determinado, aconsejan la siembra preferente de cereales de ciclo corto, pues el riesgo de pérdida de la cosecha debido a la sequía a final de ciclo será mucho menor, aún cuando la producción sea comparativamente inferior a la de cereales de ciclo largo.

9) En cuanto al manejo del suelo, es necesario tomar en consideración el estado de la superficie con el fin de favorecer al máximo la infiltración y disminuir la evaporación del agua, todo ello en relación con la susceptibilidad del suelo al encostramiento superficial.

10) Los suelos de la zona con régimen Aridic y horizonte petrocálcico, Paleorthids Xerollics, son capaces de mantener plantaciones de almendros, pero en ningún caso de olivos, que se encuentran en los suelos de régimen Xeric.

## **BIBLIOGRAFIA**

**ALBERTO F. et.al. (1984). El clima de los suelos de la cuenca del Ebro, I: regímenes de humedad. Anales Aula Del 17(1-2):7 - 20.**

**ARYA, L.M.; J.F. PARIS (1981). A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. S.S.S.A. 45:1023-1030.**

**BARRAGAN, J. (1980). Hidrodinámica en medio poroso saturado: algunas aplicaciones en régimen permanente y no-permanente. Curso sobre Tecnología de suelos e Hidráulica Agrícola. ETSIA de Lleida. 59-84.**

**BARRAGAN, J. (1983). Algunos temas de Hidráulica Agrícola. ETSIAL.**

**BELMANS, C.; J. BOUMA (1983). Simulating soil water regimes in the context of land evaluation. Progress in land evaluation. Wageningen. Set.**

**BIGGAR, J.W.; S.A. TAYLOR (1960). Some aspects of the kinetics of moisture flow into unsaturated soils. S.S.S.P. 24: 81-85.**

**BOUMA, J. et al.(1980). Use of soil survey data in a model for simulating regional soil moisture regimes. S.S.S.A. Journal, 44: 808-814.**

**BRESLER, E.; W.D. KEMPER; R.J.HANKS (1969). Infiltration, redistribution and subsequent evaporation of water from soil as affected by wetting rate and hysteresis. S.S.S.A. 33: 832-840.**

**BRESLER, E.; R.J. HANKS (1969). Numerical method for estimating simultaneous flow of water and salt in unsaturated soils. S.S.S.A. 33: 827-832.**

**BRUCE, R.R. et al. (1977). Diurnal soil water regime in the tilled plow layer of a warm humid climate. S.S.S.A. Journal, 41: 455-460.**

**CAMPBELL, G.S. (1985). Soil physics with basic. Transport models for soil-plant systems. Development in Soil Science, 14. Elsevier. pp. 150.**

**CASSEL, D.K.; L.A. NELSON (1981). Selection of variables to be used in statistical analysis of field-measurement soil water content. S.S.S.A. 45: 1007-1011.**

**CHONG, S.K.; R.E. GREEN; L.R. AHUJA (1982). Infiltration prediction band on estimation of Green-Ampt wetting front pressure head from measurements of soil water redistribution. S.S.S.A. 46: 235-239.**

CLOTHIER, B.E.; J.WHITE; G.J. HAMILTON (1981). Constant-rate rainfall infiltration: field experiments. S.S.S.A. 45: 245-249.

COULTER, J.D. (1973). Prediction of evapotranspiration from climatological data. Proceedings of soil and plant water symposium. DSIR. Information Series 96: 38-45.

CUSTODIO, E.; M.R.LLAMAS (1976). Hidrología subterránea. Omega.

DANE, J.H.; F.H. MATHIS (1981). An adaptative finite difference scheme for the one-dimensional water flow equation. S.S.S.A. 45: 1048-1054.

DAVIDOFF, B. et.al. (1988). Correlation between spatially variable soil moisture content and soil temperature. Soil Science. 145(1):1 - 10.

DE WIT, C.T.; H. VAN KEULEN (1975). Simulation of transport processes in soils. Simulation Monographs, Pudoc. Wageningen.

DOORENBOS, J. y W.O. PRUITT (1977). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudios FAO riego y drenaje (24); pp 194.

DOORENBOS, J. y A.H. KASSAM (1980). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudios FAO riego y drenaje (31); pp 212.

ECHEVERRIA, G. (1987) Estudio de las curvas características de la humedad de los suelos de la comarca de les Garrigues. Trabajo Final de Carrera. EUETA. UPC. Lleida.

ELIAS, F.; V. IBAÑEZ (1979). Comparación de dos modelos matemáticos para estimar el régimen de humedad de un suelo. INIA, Num. 6: 49-60.

FERRARI, Th.J. (1978). Elements of system-dynamics simulation. Simulation Monographs, Pudoc. Wageningen.

GASCO, J.M.; V. IBAÑEZ (1978). Criterios para la estimación del régimen de humedad de los suelos. Anales INIA, serie General;(6) : 61 - 76.

GENERALITAT DE CATALUNYA; Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (1985). L'Agricultura a les Comarques de Catalunya; superfícies y produccions, 1984. Institut Català de Crèdit Agrari.

GREEN, R.E.; R.J. HANKS; W.E. LARSON (1964). Estimates of field infiltration by Numerical solution of the moisture flow equation. S.S.S.P. 28: 15-19.

GUROVICH, L.A. (1977). Modelo simulativo para la predicción de la infiltración del agua en el suelo. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 4, n3 pp. 183-208.

HAVERCAMP, R.; M. VAUCLIN (1981). A comparative study of three forms of the Richard equation used for predicting one-dimensional infiltration in unsaturated soil. S.S.S.A. 45: 13-20.

HERBEL, C.H. et.al. (1987). Soil water regimes of loamy sands and sandy loams on arid rangelands in Southern New Mexico. J. Soil and water conservation 42.6 : 442 - 447.

HILLEL, D. (1980). *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press. 412 pp.

HILLEL, D. (1980). *Applications of Soil Physics*. Academic Press. 380 pp.

HOPMANS, J.W.; B. OVERMANS (1986). Presentation and application of an analytical model to describe soil hydraulic properties. *Journal of Hydrology*, 87: 135-143.

IBAÑEZ V. (1982). *Elaboración de una metodología para estimar la persistencia de las precipitaciones. Su aplicación al cultivo del arroz en Levante*. Tesis doctoral; Universidad Politécnica de Madrid.

IBAÑEZ, V. y J.M. GASCO (1983). Modificaciones al modelo matemático propuesto por Newhall F. para la estimación del régimen de humedad del suelo. *Comunicaciones INIA, serie "Recursos Naturales"*; 18 : pp 27.

ITEM, H. (1974). A model for the water regime of a deciduous forest. *Journal of Hydrology*, 21: 201-210.

ITEM, H. (1978). A model for the water regime of a coniferous forest and grassland. *Journal of Hydrology*, 37: 323-332.

ITEM, H. (1979). Model for the water regime of forest and meadow. S. Halldin (Ed.), 133-143.

JACKSON, R.J. (1976). The correlation of soil moisture regimes with climate. New Zealand meteorological service.

JARAUTA, E. (1980). Métodos de Cálculo Numérico en algunos problemas de flujo en medio poroso. Curso sobre Tecnología de suelos e Hidráulica Agrícola. Lleida.

JARAUTA, E. (1982). Modelos matemáticos de la infiltración: movimiento de las sales en el suelo. II Curso "Tecnología del riego". ETSIAL. 152-163

JARAUTA, E. (1984). Modelos de simulación aplicados a fenómenos naturales. III Curso de Ordenación del Territorio. ETSIAL. 85-98.

JARAUTA, E. (1988). Determinación del régimen de humedad de los suelos de secano del área meridional de Lleida. Memoria de difusión restringida. Diputación Provincial de Lleida. 160 pp.

JOHNSON, M.; B. LOWERY; T.C. DANIEL (1984). Soil Moisture Regimes of Three Conservation Tillage Systems. Transactions of the ASAE. 1385-1390.

KIRKHAM, D.; POWERS (1972). Advanced Soil Physics. Academic Press.

KOOREVAAR, P.; G. MENELIK; C. DIRKSEN (1983). Elements of Soil Physics. Development in Soil Science, 13. Elsevier. pp. 228.

LAZARO, F.; F. ELIAS; M. NIEVES (1978). Regímenes de humedad de los suelos de la España peninsular. Colección "Monografías INIA" núm. 20. 34 pp.

LINDSTROM, F.T.; L. BOERSMA; C. McFARLANE (1985). Steady state fluid transport model for plants. Publ. Univ. Corvallis. 1-8.

LOMEN, D.O.; A.W. WARRICK. (1976). Solution of the one-dimensional linear moisture flow equation with implicit water extraction functions. S.S.S.A. 40: 342-344.

MARTINEZ, A.M. (1988). Balance hídrico y regímenes de humedad para suelos de elevada reserva la provincia de Pontevedra. Anales de Edafología y Agrobiología; pp 247 - 261.

MILLER, D.E.; GARDNER, W.H. (1962). Water infiltration into stratified soil. 3S.S.S.P. 26: 115-119.

NEWHALL, F. (1976). Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. USDA - Soil Conservation Service.

NOVAK, V. (1987). Estimation of soil-water extraction patterns by roots. Agric. Water Manage. 12: 271-278.

OLIVER, J.E. (1973). Climate and Man's Environment; an introduction to Applied Climatology. John Wiley and Sons. 515 pp.

PERROUX, K.M.; D.E. SMILES; J. WHITE. (1981). Water movement in uniform soils during constant-flux infiltration. S.S.S.A. 45: 237-240.

PERROUX, K.M.; RAATS. P.A.C.; SMILES, D.E. (1982). Wetting moisture characteristic curves derived from constant-rate infiltration into thin soil samples. S.S.S.A. 46: 231-234.

PHILIP, J.R. The physical principles of soil water movement during the irrigation cycle. CSIRO. International Commission on Irrigation and Drainage. III Congress. 125-154.

PHILIP, J.R. (1969). Theory of infiltration. *Advances in Hidroscience*, 5:215 - 290.

POMAR, J.; COMAS, J. (1987). Un programa de simulación con ordenador para el estudio del comportamiento del agua en el suelo, como instrumento de enseñanza en Agronomía. *Jornadas de Informática en la Enseñanza*.

PORTA, J.; R. JULIA et.al. (1982). Els sòls de Catalunya. Area meridional de Lleida. DARP. pp.332.

PORTA, J.; M. LOPEZ-ACEVEDO; R. RODRIGUEZ (1986). Técnicas y experimentos en Edafología. C.O.I.A.C. pp. 282.

PORTA, et. al. (1987). Introducció al coneixement del sòl dels Països Catalans. A.I.A.C. pp. 160.

ROBSON, J.D.; A.J. THOMASSON (1977). Soil water regimes. Soil survey of England and Wales. Harpenden. Technical Monograph No. 11. pp.57.

ROQUERO, C.; J. PORTA (1979). Agenda de campo. E.T.S.I.A. Madrid.

SAXTON, K.E.; JOHNSON, H.P.; SHAW, R.H. (1974). Modeling evapotranspiration and soil moisture. Transactions of ASAE. 17(4): 673-677.

SAXTON, K.E. et al. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture. S.S.S.A. Journal, 50: 1031-1036.

SMART, G.M. (1983). Drought analysis and soil moisture prediction. Journal of Irrigation, 109(2): 251-261.

SOIL SURVEY STAFF (1975). Soil Taxonomy. Agriculture Handbook No. 436. Soil Conservation Service U.S. Dept. of Agriculture.

SOIL SURVEY STAFF (1987). Keys to Soil Taxonomy (Third printing). SMSS tech. monographs, n.6, Ithaca, New York.

STUART, D.M. y R.M. DIXON (1973). Water movement and caliche formation in layered arid and semiarid soils. SSSA Proc.; (37) : 323 - 324.

**TAVERNIER, R.; VAN WAMBEKE, A. (1976). Determinación del régimen hídrico de los suelos de España según el modelo matemático de Newhall. Agrochimica, pp. 407-412.**

**TAVERNIER, R.; VAN WAMBEKE, A. (1976). Determination du regime hydrique des sols du Maghreb, d'après Newhall. Pedologie, XXII (2): 168-178.**

**TAYLOR, S.A. et. al. (1961). Evaluating Soil Water. Bulletin 426 Agr. Exp. Station Utha.**

**VAN WAMBEKE, A. (1976). Computation of soil temperature and moisture regimes in Lebanon and Syria according to F. Newhall's model. 238-258.**

**VERHEYE, W. (1982). An evaluation of the soil moisture regime in drought-affected tropical and subtropical areas on the basis of easily available climatic data. Pedologie, XXXII 1: 53-66.**

**WATSON, J.P. (1981). Estimation of soil moisture regimes for classifying soil according to the U.S. system. Zimbabwe J. Agric. 19.**

**WOSTEN, J.H.M. et.al. (1985). Use of soil survey data for regional water simulation models. SSSA Journal (49):1238 - 1244.**



ESTA TESIS FUE LEIDA EL DIA 3  
DE mayo DE 1989 ;  
OBTENIENDO LA CALIFICACION DE  
APTO "CUM LAUDE"

*[Signature]*

*Javier Bompou*

*Jordi*

*Francisco*

*[Signature]*