

CAPITULO 2

MATERIAL Y METODOS

A - VARIABLES CLIMATICAS: FUENTES DE INFORMACION

A.1.- Precipitación

A.2.- Temperatura del aire

B - METODOS DE TRABAJO EN CAMPO Y LABORATORIO

B.1.- Sección control de humedad

B.2.- Densidad aparente del suelo

B.3.- Temperatura del suelo a 50 cm

B.4.- Perfiles hídricos

B.5.- Curvas características de humedad

C - METODOS INFORMATICOS

C.1.- Programas estandar

C.1.1.- Programa "STATGRAF"

C.1.2.- Programa "ESTAD-PC"

C.2.- Programas elaborados

C.2.1.- Programa "TMPSUELO"

C.2.2.- Programa "PERFILHI"

CAPITULO 2

MATERIAL Y METODOS

En este capítulo se estudian las variables medidas experimentalmente, mencionando explícitamente la metodología empleada en su determinación; también se incluye una descripción de los programas estándar de ordenador que se han utilizado y los que se han elaborado específicamente para el tratamiento de estas variables a lo largo de este trabajo.

A - VARIABLES CLIMATICAS: FUENTES DE INFORMACION

Las variables climáticas que se utilizan clásicamente para la elaboración de un modelo simulativo del régimen de humedad de los suelos son la precipitación y la temperatura media mensual del aire. Se expone a continuación la metodología utilizada en su tratamiento.

A.1.- PRECIPITACION

En el cuadro 14 figuran los observatorios del área meridional de Lleida, el símbolo asignado en este trabajo a cada uno de ellos y las coordenadas respectivas de cada observatorio. En el cuadro 2 se han mencionado los observatorios del área meridional de Lleida cuyos datos se han utilizado en este trabajo; en cada caso se ha partido de la precipitación diaria como dato de base y los ficheros correspondientes se han designado mediante:

- dos dígitos para el año
- cuatro letras para el símbolo del observatorio
- extensión ".PLD" para su identificación

A partir de los ficheros de precipitación diaria se han elaborado los de precipitación mensual, puesto que se ha previsto que el modelo que se formule pueda estimar el régimen de humedad de los suelos a partir de datos de precipitación diaria y datos de precipitación mensual; con ello pueden compararse los resultados para cada serie utilizando datos de precipitación diaria y datos de precipitación mensual. Además, al aplicar cualquier modelo simulativo deben obtenerse resultados a partir de datos de precipitación mensual para poder compararlos con los resultados que se obtengan aplicando el modelo de Newhall. La designación para los ficheros ha sido idéntica a la anterior, salvo la extensión que en este caso es ".PLM".

Con el fin de caracterizar las precipitaciones de la comarca y para completar el análisis realizado ya sobre las mismas con anterioridad (PORTA y col. 1983) se ha elegido entre todas las series disponibles la del observatorio de Omellons por ser la de mayor número de años de entre todas ellas (1948 - 1987). El análisis complementario ha consistido en estudiar para cada mes del año el número de días de precipitación registrados y el porcentaje de la precipitación mensual respecto de la total anual con objeto de introducir en el modelo simulativo un parámetro que caracterice la eficacia media de las precipitaciones de cada mes.

CUADRO 14.- Observatorios de la comarca utilizados en este trabajo, con su símbolo y sus coordenadas (Fuente: Instituto Nacional de Meteorología)

OBSERVATORIO	SIMBOLO	LATITUD	LONGITUD (E de G)	ALTITUD
ALBAGES	ALBG	41 °27'	0° 43'	377
ALMATRET	ALMT	41° 18'	0° 24'	420
ASPA	ASPA	41° 30'	0° 39'	270
BORGES BL	BORG	41° 31'	0° 50'	304
CASTELLDANS	CAST	41° 30'	0° 45'	370
LA GRANADELLA	GRAN	41° 21'	0° 39'	520
JUNEDA	JUND	41° 32'	0° 48'	264
LLARDECANS	LLAR	41° 22'	0° 31'	337
MAIALS	MAIL	41° 22'	0 °29'	375
OMELLONS	OMEL	41° 30'	0° 56'	386
SARROCA	SARR	41° 27'	0° 32'	200
EL SOLERAS	SOLR	41° 25'	0° 40'	483
SUNYE	SUNE	41° 32'	0 °33'	200
TORREBESES	TORR	41° 26'	0° 34'	300
EL VILOSELL	VILO	41° 23'	0° 55'	665

CUADRO 15.- Estudio estadístico de datos termométricos de los observatorios Lleida y Borges Blanques (1968-1984)

Mes	Lleida		Borges Blanques		r
	μ	σ	μ	σ	
ENE	5,7	1,6	5,3	1,7	0,89
FEB	7,8	1,2	7,3	1,1	0,91
MAR	10,2	1,3	9,9	1,4	0,87
ABR	13	0,7	13,4	1,2	0,86
MAY	16,6	1,2	17,4	1,7	0,84
JUN	21,2	1,3	22,2	1,9	0,76
JUL	24,6	1,1	25,9	2	0,82
AGO	23,9	1	25,2	1,6	0,87
SET	20,6	1,4	21,7	2	0,87
OCT	15,2	1,5	15,7	2,2	0,81
NOV	9,3	1,6	9,2	1,8	0,97
DIC	5,8	1,6	5,7	1,7	0,84

μ = Valor medio de la temperatura media mensual
 σ = Desviación tipo de la temperatura media mensual
r = coeficiente de correlación entre las variables

A.2.- TEMPERATURA DEL AIRE

El único observatorio termopluviométrico existente en la zona estudiada con una serie de años de datos lo suficientemente larga, es el de Les Borges Blanques, del cual se dispone de datos ininterrumpidamente desde 1968. En consecuencia y dado que el modelo matemático debe aplicarse a series que contienen datos de precipitación de años anteriores, se ha considerado oportuno adoptar la serie de temperaturas del observatorio de Lleida. El análisis estadístico realizado demostró que no hay diferencias significativas entre ambas series (cuadro 15) y que por tanto puede utilizarse la serie de temperaturas del observatorio de Lleida para calcular la evapotranspiración. La designación de los ficheros de temperatura media mensual del aire consiste en dos dígitos para indicar el año, cuatro caracteres para indicar el observatorio y finalmente la extensión "TMM".

B- METODOS DE TRABAJO EN CAMPO Y LABORATORIO

B.1.- SECCION CONTROL DE HUMEDAD

Para poder determinar el régimen de humedad en los suelos de las parcelas de control seleccionadas, ha sido preciso determinar previamente las profundidades que acotan la sección control de humedad. Se ha realizado además en otros puntos de la comarca con el fin de tener datos comparativos del tamaño de la sección control, al tiempo que se realizaban mediciones de la velocidad de infiltración.

La metodología empleada para determinar los límites de la sección control de humedad, ha sido mediante los cilindros de Müntz, de los cuales se hicieron construir dos

juegos de diámetros mayores $D_1 = 39.8$ cm, $D_2 = 36.5$ cm y diámetros menores $d_1 = 20.2$ cm, $d_2 = 18.3$ cm.

Para determinar los límites de la sección control de humedad, se clavaron los dos cilindros de un mismo juego en el suelo concéntricamente, vertiendo a continuación en el interior la cantidad de agua correspondiente (Soil Survey Staff, 1975) previamente calculada en función del diámetro del cilindro y medida con una probeta. En la corona circular entre ambos cilindros se introdujo agua en cantidad por unidad de superficie similar a la anterior, con el fin de que no se desviara el flujo central descendente verticalmente. A continuación se procedió a tapar el conjunto con una bolsa de plástico negro para que toda el agua introducida se infiltrara realmente en el suelo. Al cabo del tiempo establecido, 24 horas para el límite superior y 48 horas para el inferior, se tomaban muestras para determinar el perfil hídrico y se comparaba el perfil inicial antes de humectar el suelo con el perfil obtenido después de la humectación (figura 12).

Para estas determinaciones está también establecido en Soil Taxonomy que el suelo debe estar inicialmente seco y por ello estas mediciones se llevaron a cabo en los meses de julio y agosto, después de un largo período sin lluvias. En todos los casos, el contenido inicial de humedad en las diversas profundidades del perfil era menor que el contenido de humedad correspondiente a un potencial de -1500 kPa. En cada parcela seleccionada se realizaron tres determinaciones de los límites de la sección control, obteniéndose gran coincidencia en los resultados; como profundidad límite de la sección control de humedad se toma la media aritmética de las tres determinaciones realizadas. Por último, es preciso hacer notar que en Soil Taxonomy no se especifica como debe realizarse el aporte de agua al suelo para determinar los límites de la sección control de humedad; se ha optado por realizar una humectación por vertido, tal como se establece corrientemente en el manejo de los cilindros de Müntz.

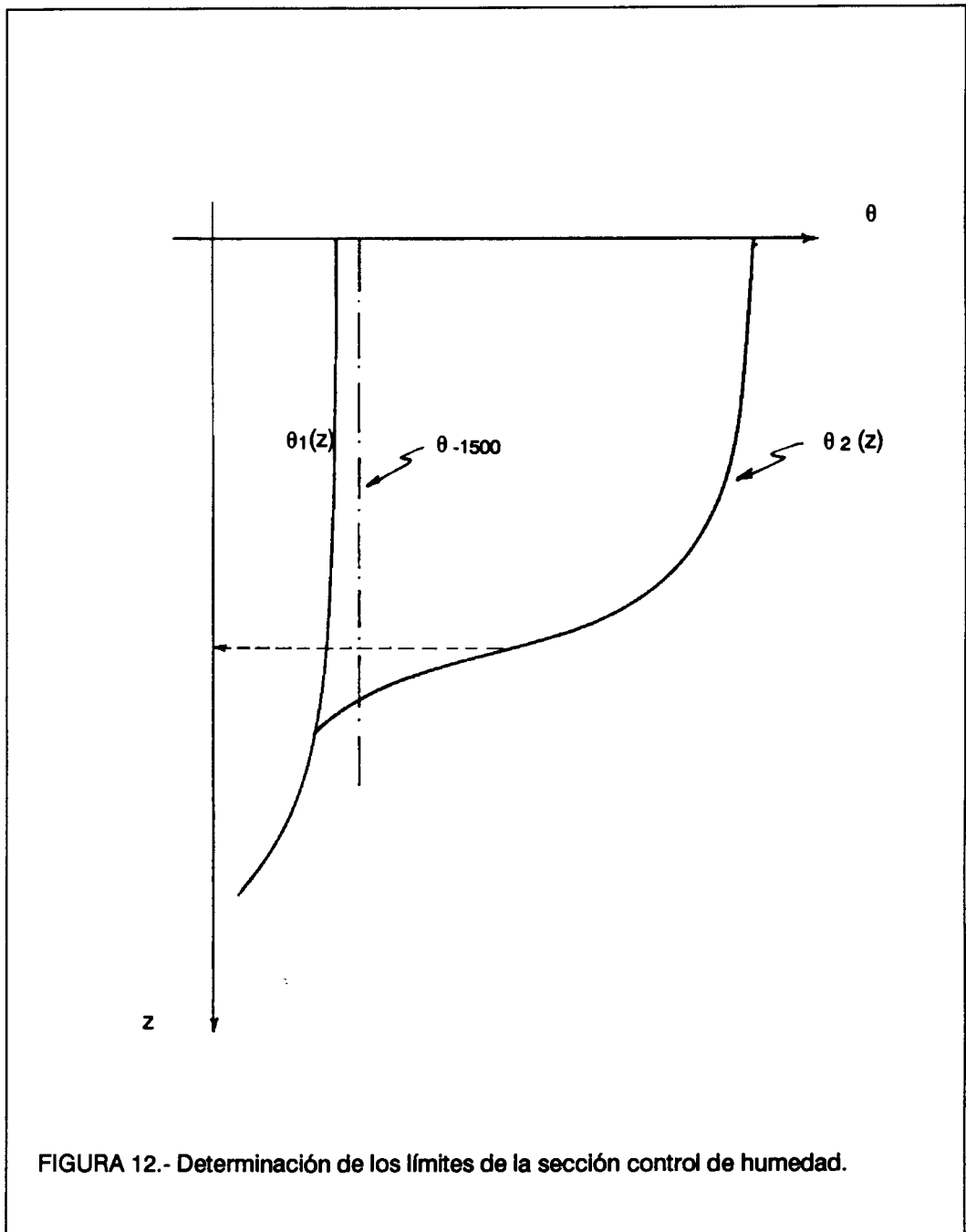


FIGURA 12.- Determinación de los límites de la sección control de humedad.

B.2.- DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente del suelo se ha determinado en catorce puntos de control de la comarca, eligiendo suelos de diferentes características y situación en el paisaje y teniendo en cuenta asimismo los estudios de suelos realizados previamente en la zona (PORTA y col., 1983).

Para la determinación experimental de la densidad aparente se procedió del siguiente modo. Se hicieron construir unos cilindros de acero de 5.30 cm de diámetro y 4.00 cm de altura, con dos prolongaciones en su parte superior, con doble finalidad: en primer lugar, para que las deformaciones que se producen al golpear la pieza para introducirla en el suelo, no afecten al volumen de la misma y en consecuencia al volumen de la muestra de suelo que se toma; en segundo lugar, para poder extraer con mayor comodidad la pieza del suelo una vez clavada. Finalmente, la densidad aparente se determinó por cociente entre el peso de la muestra seca y el volumen de dicha muestra.

B.3.- TEMPERATURA DEL SUELO A 50 CM

Otra variable utilizada en la determinación del régimen de humedad de un suelo, y que en el modelo de Newhall se estima a partir de la temperatura media del aire, es la temperatura del suelo a 50 centímetros de profundidad. Para poder medir esta variable se solicitó al Centro Zonal del Ebro (Instituto Nacional de Meteorología) un geotermómetro de 50 cm, que se instaló en la localidad de Sarroca de Lleida. Se dispone de una serie de cuatro años de medidas ininterrumpidas (1985 - 1988). La elaboración de ficheros de temperatura del suelo se realizó mediante el programa "TMPSUELO" que se comenta más adelante.

B.4.- PERFILES HIDRICOS

Desde comienzos del año 1985, se ha determinado periódicamente a intervalos de 7 - 14 días, el contenido de humedad del suelo en los puntos de control SAR-3 Y SUN-2. La determinación periódica del perfil hídrico ha sido, junto con la temperatura del suelo a 50 cm y las dimensiones de la sección control de humedad, imprescindible para la determinación del régimen de humedad en los puntos de control: SUN-2 (en el termino municipal de Suñé) y SAR-3 (en el termino de Sarroca de Lleida).

La elección de estos dos puntos de control se fundamenta en los siguientes aspectos:

(1) el punto SUN-2 está en una parcela situada en una plataforma y con un horizonte petrocálcico muy superficial, a 20 cm de profundidad media, en la que se cultivan almendros y olivos de pequeño tamaño; además los suelos circundantes a este punto han sido estudiados previamente (PORTA y col, 1984). Un aspecto adicional de interés consiste en verificar la validez de la definición de sección control de humedad tal y como se establece en Soil Taxonomy, para un suelo de estas características.

(2) el punto SAR-3 está situado en una parcela con cultivo de almendro, muy típica en la comarca; además, se disponía para este punto de un observador cualificado. Los suelos de la parcela también han sido estudiados con detalle (G. ECHEVERRIA, 1987).

La periodicidad de las determinaciones ha sido entre 7 y 14 días, salvo raras excepciones, siendo la frecuencia mayor en la época de lluvias, para un mejor control de la variación del estado de la sección control de humedad. El sondeo se ha llevado a cabo con una sonda holandesa EIGELKAMP, muy ligera y de perfil penetrante perfectamente diseñado para un suelo de estas características, abarcando un intervalo bastante más amplio que la sección control de humedad propiamente dicha. La

determinación del contenido de humedad del suelo se ha llevado a cabo por el método gravimétrico clásico.

El tratamiento informático de los perfiles hídricos anotados, se realiza mediante el programa PERFILHI que se comenta más adelante. A partir de la determinación periódica en campo del estado de la sección control de humedad, se puede estimar por interpolación el estado de la sección control de humedad en cada uno de los días del año y esto junto con la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad, permite determinar el régimen de humedad del suelo y compararlo con el régimen estimado mediante un programa de simulación.

B.5.- CURVAS CARACTERISTICAS DE HUMEDAD

La curva característica de humedad de un suelo es una curva experimental que relaciona el potencial matricial con el contenido volumétrico de agua en el suelo. No es exactamente una función pues según se esté en adsorción o en desorción se obtienen curvas diferentes por un fenómeno de histéresis (HILLEL, 1980); cuando se habla de curva característica de humedad, generalmente se hace referencia a la curva de desorción, por ser la más fácilmente obtenible. Los contenidos de humedad correspondientes a cada uno de los distintos potenciales, se determinaron con ayuda de la cámara de presión (placa Richards). Con la información de las densidades real y aparente se pasa de humedad másica a humedad volumétrica. Clásicamente se han representado las curvas características con el potencial situado en el semieje positivo de ordenadas; actualmente la tendencia de representación consiste en considerar el verdadero valor del potencial con su signo y por ello se elige el semieje negativo de ordenadas para situar los valores del potencial matricial.

Partiendo de datos de base cedidos por G. Echeverría, verificados y procediendo a una reelaboración de los mismos, se ha determinado la curva característica de humedad en trece puntos de control y para distintas profundidades teniendo en cuenta la

CUADRO 16.- Puntos de la comarca en que se ha determinado la curva característica de humedad del suelo y profundidad (cm) a que corresponde.

Punto de control	Profundidad	Fichero de datos
SUN-2	10- 20	CCAR1X
SAR-3(1)	10- 20	CCAR2X
(2)	20 -100	CCAR3X
LLA-3(1)	10- 20	CCAR4X
(2)	20- 80	CCAR5X
TOR-1(1)	10- 20	CCAR6X
(2)	20- 90	CCAR7X
VIN-1(1)	10- 20	CCAR8X
(2)	20- 80	CCAR9X
CER-1(1)	10- 20	CCAR10X
(2)	20- 70	CCAR11X
BOR-1(1)	10- 20	CCAR12X
(2)	20- 80	CCAR13X
BOR-2(1)	10- 20	CCAR14X
(2)	20- 80	CCAR15X
CAS-1(1)	10- 20	CCAR16X
(2)	20- 70	CCAR17X
CAS-2(1)	10- 20	CCAR18X
(2)	20- 100	CCAR19X
MAY-1(1)	10- 20	CCAR22X
(2)	20- 80	CCAR23X
LLA-4(1)	10- 20	CCAR24X
(2)	20- 90	CCAR25X
GRA-1(1)	10- 20	CCAR26X
(2)	20- 70	CCAR27X

organización del suelo en horizontes. En el cuadro 16 se relacionan dichos puntos de control, así como el fichero en que se han almacenado los datos.

C - METODOS INFORMATICOS

En este apartado se relacionan los programas informáticos utilizados en este trabajo para el tratamiento de las variables correspondientes. En primer lugar se citan los programas estandar utilizados para el tratamiento estadístico y los ajustes de curvas experimentales; en segundo lugar, figuran los programas elaborados específicamente para el tratamineto de variables experimentales realizado en este trabajo.

C.1.- PROGRAMAS ESTANDAR

C.1.1.- Programa STATGRAF

Este programa (Statistical Graphics Corporation, 1986) es un potente paquete informático que consiste en un conjunto muy completo de programas interrelacionados para el análisis estadístico de datos; se ha utilizado para determinar los parámetros de las series de precipitación y temperatura y para pruebas de hipótesis, mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

C.1.2.- Programa ESTAD-PC

Este programa (J.M. Battle, 1987) se ha utilizado para el ajuste de las curvas características de humedad y para las curvas de cálculo del coeficiente de cultivo k_c para suelo desnudo que permiten determinar la evaporación en el mismo.

C.2 - PROGRAMAS ELABORADOS

C.2.1.-Programa "TMPSUELO"

Este programa realizado por X. Flotats (1987) tiene por objeto poder almacenar y tratar los datos de temperatura del suelo a 50 cm. de profundidad obtenidas a partir de datos del geotermómetro de Sarroca de Lleida. Está realizado en lenguaje dBASEIII PLUS y permite el tratamiento posterior de los ficheros de datos mediante un programa estadístico como STATGRAF.

C.2.2.- PROGRAMA "PERFILHI"

Este programa ha sido elaborado por J.P. Mur (1987) y está escrito en lenguaje de programación dBASEIII PLUS; tiene por objeto crear una base de datos con todos los perfiles hídricos de los puntos de control y determinar el estado de la sección control de humedad en cada caso. El menú principal contiene las siguientes opciones:

- 1.- Introducir datos
- 2.- Imprimir resultados
- 3.- Modificar datos
- 4.- Terminar

Cada opción lleva a un programa que la desarrolla y puede haber otras opciones disponibles en cada caso. Para la entrada de datos correspondientes a un perfil hídrico, se solicita al operador: punto de control, fecha y hora de la toma de muestras, intervalo de toma de muestras (5 ó 10 cm), número de intervalos en el perfil, intervalos que componen la sección control de humedad y contenido de agua a -1500 kPa de potencial matricial. A partir de entonces comienza la introducción de datos correspondientes a cada intervalo de muestreo: número del frasco, peso del frasco + muestra húmeda, peso frasco + muestra seca y densidad aparente del suelo a la profundidad correspondiente. El programa calcula entonces los contenidos gravimétrico y volumétrico de agua en

cada intervalo de muestreo y, al acabar con todos ellos, determina el estado de la sección control de humedad.

El menú del programa de impresión contiene a su vez las opciones siguientes:

- 1.- Imprimir todos los perfiles
- 2.- Imprimir uno en concreto
- 3.- Imprimir todos entre dos fechas
- 4.- Menú Principal

En los Anejos 1 y 2 se encuentran los listados de ambos programas.