

Asignatura: HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA (ITOP) / HIDROGEOLOGÍA (ITM)
UPCT

Curso: 2008-2009

Fecha: 08/10/2008

Profesora: Marisol Manzano Arellano

Tel. 968.325443

Explicación de la práctica

PRÁCTICA 1: CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO MEDIANTE EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

1. OBJETIVOS

1. Cuantificar los distintos componentes del balance de agua en el suelo (zona radicular de la franja no saturada del terreno) mediante el método empírico de Thornthwaite.
2. Cuantificar la recarga a un acuífero.

2. FUNDAMENTOS DEL MÉTODO

Se trata de cuantificar los distintos componentes del balance hídrico en el suelo. El balance se suele escribir así:

$$P = E_s + ETR + I \quad [1]$$

donde

P: precipitación (en mm/unidad de tiempo, habitualmente año o mes). Es un parámetro experimental que se debe medir en estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio. Si esto no es posible, se usan valores tomados de estaciones ubicadas en zonas cercanas y de similares características orográficas y meteorológicas a las de la zona de estudio.

E_s: escorrentía superficial (en mm/unidad de tiempo). En general la mayor parte está en forma canalizada (ríos y arroyos) y se mide en estaciones de aforo construidas especialmente para ello en los cauces.

I: es la infiltración en el terreno (en mm/unidad de tiempo). Parte de la misma puede descargar de nuevo a la superficie del terreno (cauces, laderas) tras un tiempo de permanencia más o menos corto, y otra parte se incorporará finalmente a la zona saturada, convirtiéndose en recarga efectiva al acuífero (R). I y R se calculan tanto mediante métodos experimentales como numéricos.

ETR: evapotranspiración real (en mm/unidad de tiempo). Es la suma de la evaporación directa de agua desde la superficie del terreno y/o desde los poros y grietas del mismo, más la transpiración de las plantas. La máxima profundidad de alcance de las plantas es la longitud de las raíces.

Parámetros relacionados con la evapotranspiración:

ETP: evapotranspiración potencial. Es la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación si en todo momento hay en el suelo agua suficiente para el crecimiento activo de las plantas.

ETR: evapotranspiración real. Es la cantidad de agua que realmente se pierde, por tanto siempre ocurre que $ETR \leq ETP$.

La evaporación directa se mide experimentalmente con precisión y facilidad mediante tanques evaporímetros, pero la transpiración de las plantas se mide con dificultad y menor precisión. Por ello es más frecuente medir el conjunto de ambas, la evapotranspiración, mediante lisímetros.

Con mucha frecuencia, la evapotranspiración no se mide experimentalmente sino que se calcula mediante expresiones empíricas o semiempíricas, algunas de ellas basadas en medidas directas y en fórmulas que tienen fundamento físico. Uno de los métodos más usados en hidrología y edafología es el de **Thorntwaite**, que permite estimar la ETP y la ETR de un lugar para cada mes del año a partir de los parámetros básicos e (evaporación potencial media del mes) e i (índice de calor mensual) de la siguiente forma:

$$e = 1,6 (10t/I)^a$$

donde

e : evapotranspiración potencial media diaria del mes (mm/día) para meses de 30 días y 12 horas de luz diaria. Como ninguna de ambas cosas son siempre ciertas, los valores de e se deben corregir del modo que se verá más adelante.

t : temperatura media diaria del mes en cuestión (°C) en la zona de estudio. Calculada a partir de las medias diarias.

I : índice de calor anual. Calculado como suma de los índices de calor mensual (i) de los 12 meses del año:

$$I = \sum_{1}^{12} i = \sum_{1}^{12} (t/5)^{1,514}$$

donde

i = índice de calor mensual. Se encuentra tabulado en la bibliografía.

t = temperatura media diaria del mes (°C) en la zona de estudio (calcular a partir de datos de estaciones hidrometeorológicas)

a = coeficiente experimental de ajuste.

$$a = (675 \cdot 10^{-9})I^3 - (771 \cdot 10^{-7})I^2 - (1972 \cdot 10^{-5})I + 0,4924$$

Una vez obtenido e hay que corregir su valor para la latitud y nº de horas de sol diarias reales de la zona de estudio. Para ello hay que multiplicarlo por el coeficiente de corrección F , llamado *índice de iluminación mensual*, que varía con la latitud (nº de horas de sol) y con el mes (nº de días del mes). F se puede calcular según la expresión:

$$F = (N/12) \cdot (d/30) \cdot d$$

donde

N = n° máximo de horas de sol según la latitud de lugar

d = n° de días del mes en cuestión

Por tanto, la evapotranspiración potencial para un lugar dado según el método de Thornthwaite es:

$$ETP = F \cdot e \quad [2]$$

En la práctica, para el cálculo de la ETP los valores de i están tabulados (Tabla 1; valor de i para temperaturas medias mensuales entre 0,2 y 40,9 °C.), los valores de e también (Tabla 2; valores de e en función de I y de t) y los valores de F también (Tabla 3; valores de F para el hemisferio N en función de la latitud y el mes).

Una vez calculada la ETP según [2] se procede a calcular el balance hídrico en el suelo (ETR e I en la expresión [1]) y el valor de la recarga al acuífero (R) de la forma que se expone a continuación.

3. DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

1. Nombre, altitud, latitud y longitud de la estación meteorológica (termo-pluviométrica) de la cual se van a usar los datos de P y t .
2. Precipitación media mensual (P , en mm/mes) para cada mes del año, calculada a ser posible con una serie larga de datos históricos para minimizar sesgos debidos a ciclos húmedos y secos.
3. Temperatura media mensual (t , en °C) para cada mes del año, calculada igual que P .
4. Reserva útil característica del suelo en estudio (RU ; en mm), y valor de RU al comienzo del año hidrológico (octubre) en la zona de trabajo.

***RU:** volumen de agua útil que puede retener un suelo/unidad de superficie y hasta la profundidad desde la que el agua puede ascender por capilaridad. En mm/unidad superficie. Es característico de cada tipo de suelo. Se encuentra tabulado; mejor pedirlo a los laboratorios agronómicos de la zona de estudio. En nuestra latitud se toma RU a comienzos del año hidrológico (octubre) = 0 mm, ya que coincide con el fin del verano.*

***Agua útil:** cantidad de agua que un suelo puede ceder a las plantas. Su valor está entre la **capacidad de campo** (cantidad de agua retenida en un suelo sometido a drenaje libre) y el **punto de marchitez** (cantidad de agua retenida en un suelo cuando la tensión de las partículas del suelo es mayor a la de las raíces).*

4. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

4.a. **Especificidades:** el balance se calcula mes a mes y usando las siguientes reglas

- Si un mes $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.
- Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP .
Pero:
 - a). Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la

diferencia se llama déficit de agua en el suelo (**DEF**). **DEF** no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
b). Si la **RU** = 0, entonces **ETR** = **P**.

- Si un mes $P - (ETR + \Delta RU) > 0$, la fracción de **P** sobrante se llama superávit (**SUP**). **SUP** equivale a la infiltración **I** en la expresión [1]: agua que sobrepasa el alcance de las raíces. Una parte de **SUP** descargará a los ríos de forma más o menos diferida y el resto se convertirá en recarga al acuífero (**R**). Según Thornthwaite, aproximadamente la mitad del superávit (**SUP**) que se produce en un mes concreto descarga a los ríos de forma más o menos rápida, y la otra mitad queda en la zona no saturada disponible para seguir descargando a los cauces o convertirse en **R** en los meses siguientes.
- **Lluvia útil**: se refiere a la fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil tanto para reponer la **RU** (incremento de **RU**) como para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (**SUP**). Por tanto, la lluvia útil de un mes dado es $\Delta RU + SUP$ de ese mes.

4.b. Pasos del método. Ejemplo: calculo del balance hídrico con los datos del Cuadro 1.

- Estación meteorológica 013 (Cartagena-Puerto)
- Serie temporal usada para calcular **P** y **t** medias mensuales: periodo 1975-1998
- **RU** del suelo = 10 mm; **RU** inicial = 0 mm

B.1). Cálculo de la ETP.

Con los datos de **P** y **t** medios mensuales (obtenidos a partir de los 23 años de datos disponibles) se ha buscado el valor de los parámetros **e** y **F** para cada mes en las tablas 2 y 3. Introduciendo esos valores en la expresión [2] se ha calculado la **ETP** de cada mes (Cuadro 1).

B.2). Cálculo del balance de agua.

- *Octubre:*
 - $ETP = 72,3$ mm, pero como **RU** a comienzos de mes es = 0 mm y $P < ETP$, entonces **ETR** tiene que ser igual al agua disponible, es decir la **P** de ese mes (33,3 mm).
 - Como este mes $ETP > ETR$, el suelo no acumula agua de reserva (**RU** = 0 mm) y además experimenta un $DEF = 39$ mm ($ETP - ETR = 72,3 - 33,3$ mm).
 - Como no hay superávit, la **RU** no se modifica y a comienzos del mes siguiente **RU** = 0.
- *Noviembre:*
 - **RU** = 0 mm.
 - $ETP = 43,1$ mm y $P = 30,7$ mm, luego **ETR** tiene que ser igual a **P**.
 - Como ha llovido menos de lo que el suelo puede evapotranspirar ($P < ETP$), toda la lluvia se evapora, la **RU** sigue siendo = 0 y se este mes vuelve a haber un $DEF = ETP - ETR = 12,4$ mm.
- *Diciembre:*
 - **RU** = 0 mm.
 - $ETP = 29,9$ mm y $P = 26,7$ mm, luego **ETR** = **P**.
 - Como ha llovido menos de la **ETP**, toda la lluvia se evapora, **RU** sigue siendo = 0 mm y este mes vuelve a haber déficit para las plantas ($DEF = 29,9 - 26,7 = 3,2$ mm).

- **Enero:**
 - RU = 0 mm.
 - ETP = 24,4 mm y P = 38,8 mm, por tanto este mes ETR = ETP y la lluvia sobrante puede emplearse en incrementar la RU del suelo. Como nuestro suelo sólo puede tener 10 mm de RU, el resto del agua (38,8 mm - 24,4 mm - 10 mm = 4,4 mm) se convierte en superávit (SUP). De esta cantidad, la mitad (2,2 mm) descarga a los ríos de forma rápida y la otra mitad queda disponible para convertirse en recarga (R = 2,2 mm).
 - Este mes la lluvia útil es = $\Delta RU + SUP = 14,4$ mm.
- **Febrero:**
 - RU a comienzos de mes = 10 mm.
 - Como ETP = 27,9 mm y P = 35,5 mm, hay agua suficiente para que ETR = ETP.
 - Como RU está al máximo, todo el exceso de lluvia (35,5 - 27,9 = 7,6 mm) se convierte en SUP. De esta cantidad, se supone que la mitad (3,8 mm) descargará a los ríos en pocos días y los otros 3,8 mm se convertirán en recarga (R).
 - La lluvia útil de este mes es = $0 + 7,6 = 7,6$ mm.
- **Marzo:**
 - RU a comienzos de mes = 10 mm, ya que no se gastó nada en febrero.
 - ETP = 40,2 mm y P = 28,7 mm, por tanto, este mes ETR = P + RU = 38,7 mm.
 - El suelo experimenta un déficit de: DEF = ETP - ETR = 40,2 - 38,7 = 1,5 mm. Además, como RU se gasta toda en evapotranspiración, el suelo experimenta una variación de la reserva = -10 mm, lo que implica que RU a comienzos de abril = 0 mm.
 - Este mes no hay lluvia útil.
- **Abril**
 - RU = 0 mm, ETP = 56,1 mm y P = 30, luego ETR = 30 mm.
 - Hay un déficit de: DEF = ETP - ETR = 26,1 mm.
 - No hay superávit de la lluvia del mes ni tampoco del mes anterior (marzo), por tanto, en abril no hay recarga: R = 0 mm.
 - Este mes tampoco hay lluvia útil.
- **Etc...**

Así se calcula el balance hídrico del suelo para todos los meses del año. Los datos obtenidos se recogen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ejemplo visto en clase de cálculo del balance hídrico en el suelo según el método de Thornthwaite.

MES	P mm	t °C	i	e	F	ETP mm	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTWHAITE						
							RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm ⁽¹⁾ (SUP/2)	Lluvia útil mm ($\Delta RU + SUP$)
OCTUBRE	33,3	19,6	7,9	2,5	28,9	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	16,0	5,8	1,7	25,3	43,1	0	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	13,2	4,4	1,2	24,9	29,9	0	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	11,8	3,7	1,0	25,6	24,4	0	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	12,7	4,1	1,1	25,3	27,9	10	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	14,2	4,8	1,3	30,9	40,2	10	-10	38,7	1,5	0	0	0
ABRIL	30,0	15,8	5,7	1,7	33,0	56,1	0	0	30,0	26,1	0	0	0
MAYO	29,0	18,6	7,3	2,3	36,8	84,6	0	0	29,0	55,6	0	0	0
JUNIO	7,3	22,4	9,7	3,3	37,1	122,3	0	0	7,3	115,1	0	0	0
JULIO	2,9	25,2	11,6	4,1	37,5	153,8	0	0	2,9	150,8	0	0	0
AGOSTO	5,7	26,1	12,2	4,4	35,1	154,4	0	0	5,7	148,8	0	0	0
SEPTIEMBRE	25,5	23,7	10,6	3,7	31,1	115,0	0	0	25,5	89,5	0	0	0
TOTAL ANUAL	293,9					923,8			281,9	641,9	12,0	6,0	22,0

⁽¹⁾ Cuando R < 1 se considera = 0

THORNTWHAITE, C.W. y MATHER, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publ. Climatol., 10(3): 185-311.

Tabla 1

**TABLA 1 - PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE (i)
(Índice de calor mensual)**

T°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0			0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
2	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4	0,71	0,74	0,77	0,80	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29
6	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
7	1,65	1,70	1,74	1,77	1,81	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00
8	2,04	2,08	2,12	2,15	2,19	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
9	2,44	2,48	2,52	2,56	2,6	2,64	2,69	2,73	2,77	2,81
10	2,86	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,16	3,21	3,25
11	3,30	3,34	3,39	3,44	3,48	3,53	3,58	3,62	3,67	3,72
12	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20
13	4,25	4,30	4,35	4,40	4,45	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
14	4,75	4,81	4,86	4,91	4,96	5,01	5,07	5,12	5,17	5,22
15	5,28	5,33	5,38	5,44	5,49	5,55	5,60	5,65	5,71	5,76
16	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,10	6,15	6,21	6,26	6,32
17	6,38	6,44	6,49	6,55	6,61	6,66	6,72	6,78	6,84	6,90
18	6,95	7,01	7,07	7,13	7,19	7,25	7,31	7,37	7,43	7,49
19	7,55	7,61	7,67	7,73	7,79	7,85	7,91	7,97	8,03	8,10
20	8,16	8,22	8,28	8,34	8,41	8,47	8,53	8,59	8,66	8,72
21	8,78	8,85	8,91	8,97	9,04	9,10	9,17	9,23	9,29	9,36
22	9,42	9,49	9,55	9,62	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95	10,01
23	10,08	10,15	10,21	10,28	10,35	10,41	10,48	10,55	10,62	10,63
24	10,75	10,82	10,89	10,95	11,02	11,09	11,16	11,23	11,30	11,37
25	11,44	11,50	11,57	11,64	11,71	11,78	11,85	11,92	11,99	12,06
26	12,13	12,21	12,28	12,35	12,42	12,49	12,56	12,63	12,70	12,78
27	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,50
28	13,58	13,65	13,72	13,80	13,87	13,94	14,02	14,09	14,17	14,24
29	14,32	14,39	14,47	14,54	14,62	14,69	14,77	14,84	14,92	14,99
30	15,07	15,15	15,22	15,30	15,38	15,45	15,53	15,61	15,67	15,76
31	15,84	15,92	15,99	16,07	16,15	16,23	16,30	16,38	16,46	16,54
32	16,62	16,70	16,78	16,85	16,93	17,01	17,09	17,17	17,25	17,33
33	17,41	17,49	17,57	17,65	17,68	17,81	17,89	17,97	18,05	18,13
34	18,22	18,30	18,38	18,46	18,54	18,62	18,70	18,79	18,87	18,95
35	19,03	19,11	19,20	19,28	19,36	19,45	19,53	19,61	19,69	19,78
36	19,86	19,95	20,05	20,11	20,20	20,28	20,36	20,45	20,53	20,62
37	20,70	20,79	20,87	20,96	21,04	21,13	21,21	21,30	21,28	21,45
38	21,56	21,64	21,73	21,81	21,90	21,99	22,07	22,16	22,25	22,28
39	22,42	22,51	22,59	22,68	22,77	22,86	22,95	23,08	23,12	23,21
40	23,30									

Tabla 3

TABLA 3 - ÍNDICE DE ILUMINACIÓN MENSUAL EN EL HEMISFERIO NORTE, EXPRESADO EN UNIDADES DE 12 HORAS.

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0°	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,2	28,2	31,2	30,3	31,5	30,6	31,2	31,2	30,3	31,2	30,0	30,9
3	30,9	28,2	30,9	30,3	31,5	30,6	31,5	31,2	30,3	31,2	30,0	30,9
4	30,9	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,5	31,5	30,3	30,9	30,0	30,6
5	30,6	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,6
6	30,6	27,9	30,9	30,6	31,8	31,2	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,3
7	30,3	27,6	30,9	30,6	32,1	31,2	32,1	31,8	30,3	30,9	29,7	30,3
8	30,3	27,6	30,9	30,9	32,1	31,5	32,1	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
9	30,0	27,6	30,9	30,9	32,4	31,5	32,4	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
10	30,0	27,3	30,9	30,9	32,4	31,8	32,4	32,1	30,6	30,6	29,4	29,7
11	29,7	27,3	30,9	30,9	32,7	31,8	32,7	32,1	30,6	30,6	29,1	29,7
12	29,7	27,3	30,9	31,2	32,7	32,1	33,0	32,1	30,6	30,3	29,1	29,4
13	29,4	27,3	30,9	31,2	33,0	32,1	33,0	32,4	30,6	30,3	28,8	29,4
14	29,4	27,3	30,9	31,2	33,0	32,4	33,3	32,4	30,6	30,3	28,8	29,1
15	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,4	33,6	32,4	30,6	30,3	28,5	29,1
16	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,7	33,6	32,7	30,6	30,3	28,5	28,8
17	28,8	27,3	30,9	31,5	33,6	32,7	33,9	32,7	30,6	30,0	28,2	28,8
18	28,8	27,0	30,9	31,5	33,6	33,0	33,9	33,0	30,6	30,0	28,2	28,5
19	28,5	27,0	30,9	31,5	33,9	33,0	34,2	33,0	30,6	30,0	27,9	28,5
20	28,5	27,0	30,9	31,5	33,9	33,3	34,2	33,3	30,6	30,0	27,9	28,2
21	28,2	27,0	30,9	31,5	33,9	33,3	34,5	33,3	30,6	30,0	27,6	28,2
22	28,2	26,7	30,9	31,8	34,2	33,6	34,5	33,3	30,6	29,7	27,6	27,9
23	27,9	26,7	30,9	31,8	34,2	33,9	34,8	33,6	30,6	29,7	27,6	27,6
24	27,9	26,7	30,9	31,8	34,5	34,2	34,8	33,6	30,6	29,7	27,3	27,6
25	27,9	26,7	30,9	31,8	34,5	34,2	35,1	33,6	30,6	29,7	27,3	27,3
26	27,6	26,4	30,9	32,1	34,8	34,5	35,1	33,6	30,6	29,7	27,3	27,3
27	27,6	26,4	30,9	32,1	34,8	34,5	35,4	33,9	30,6	29,7	27,0	27,0
28	27,3	26,4	30,9	32,1	35,1	34,8	35,4	33,9	30,9	29,4	27,0	27,0
29	27,3	26,1	30,9	32,1	35,1	34,8	35,7	33,9	30,9	29,4	26,7	26,7
30	27,0	26,1	30,9	32,4	35,4	35,1	36,0	34,2	30,9	29,4	26,7	26,4
31	27,0	26,1	30,9	32,4	35,4	35,1	36,0	34,2	30,9	29,4	26,4	26,4
32	26,7	25,8	30,9	32,4	35,7	35,4	36,3	34,5	30,9	29,4	26,4	26,1
33	26,4	25,8	30,9	32,7	35,7	35,7	36,3	34,5	30,9	29,1	26,1	25,8
34	26,4	25,8	30,9	32,7	36,0	36,0	36,6	34,8	30,9	29,1	26,1	25,3
35	26,1	25,5	30,9	32,7	36,3	36,3	36,9	34,8	30,9	29,1	25,8	25,5
36	26,1	25,5	30,9	33,0	36,3	36,6	37,2	34,8	30,9	29,1	25,8	25,2
37	25,8	25,2	30,9	33,0	36,6	36,9	37,5	35,1	30,9	29,1	25,5	24,9
38	25,5	25,2	30,9	33,0	36,9	37,2	37,5	35,1	31,2	28,8	25,2	24,9
39	25,5	25,2	30,9	33,3	36,9	37,2	37,8	35,4	31,2	28,8	25,2	24,6
40	25,2	24,9	30,9	33,3	37,2	37,5	38,1	35,4	31,2	28,8	24,9	24,3
41	24,9	24,9	30,9	33,3	37,5	37,8	38,1	35,7	31,2	28,8	24,6	24,0
42	24,6	24,6	30,9	33,6	37,8	38,1	38,4	35,7	31,2	28,5	24,6	23,7
43	24,3	24,6	30,6	33,6	37,8	38,4	38,7	36,0	31,2	28,5	24,3	23,1
44	24,3	24,3	30,6	33,6	38,1	38,7	39,0	36,0	31,2	28,5	24,0	22,8
45	24,0	24,3	30,6	33,9	38,4	38,7	39,3	36,3	31,2	28,2	23,7	22,5
46	23,7	24,0	30,6	33,9	38,7	39,0	39,6	36,6	31,2	28,2	23,7	22,2
47	23,1	24,0	30,6	34,2	39,0	39,6	39,9	36,6	31,5	27,9	23,4	21,9
48	22,8	23,7	30,6	34,2	39,3	39,9	40,2	36,9	31,5	27,9	23,1	21,6
49	22,5	23,7	30,6	34,5	39,6	40,2	40,5	37,2	31,5	27,6	22,8	21,3
50	22,2	23,4	30,6	34,5	39,9	40,8	41,1	37,5	34,8	27,6	22,8	21,9



PRÁCTICA 1: CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO MEDIANTE EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

OBJETIVOS

- 1.- Cuantificar los distintos componentes del balance de agua en el suelo (zona radicular de la franja no saturada del terreno) mediante el método semiempírico de Thornthwaite.
- 2.- Cuantificar la recarga a un acuífero a partir del balance de agua en el suelo.

MARCO CONCEPTUAL

- La recarga es uno de los componentes del balance hídrico en acuíferos con mayor dificultad de determinación.
- La ecuación del balance no tiene una expresión única sino que depende del intervalo de tiempo sobre el cual se aplica y de los distintos procesos hídricos que existan en cada acuífero.

FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DEL MÉTODO DE THORTHWAITE

Cuantificar los distintos componentes del balance hídrico en el suelo, entre los cuales está la recarga a los acuíferos.

El balance en el suelo se suele escribir así:

$$P = E_s + ETR + I$$

P: Precipitación (mm/unidad de tiempo, habitualmente año o mes).

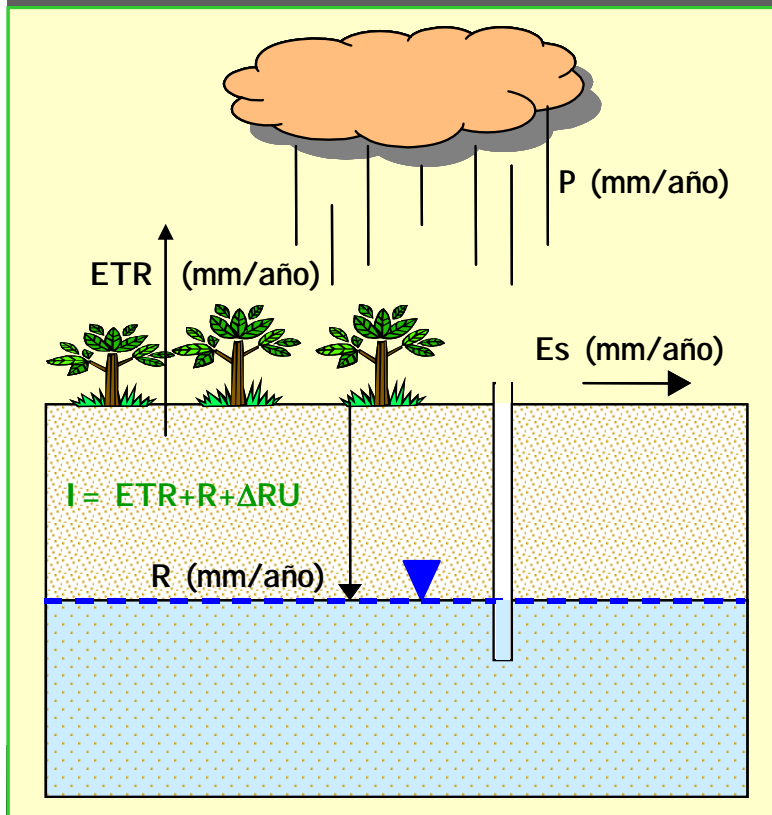
E_s: Escorrentía superficial (mm/t)

I: Infiltración en el terreno (mm/t)

$$(I = ETR + R + \Delta RU)$$

ETR: Evapotranspiración real (mm/t)

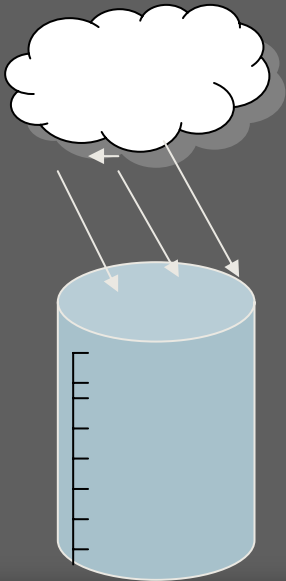
(*ETP*: Evapotranspiración potencial)



¿Cómo se miden / estiman los componentes del balance hídrico en el suelo?

P: Precipitación

- * **Parámetro experimental:** se mide en estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio.
- * Si no es posible, usar valores de estaciones ubicadas en zonas cercanas y de características orográficas y meteorológicas similares a las de la zona de estudio.



Es: Escorrentía superficial

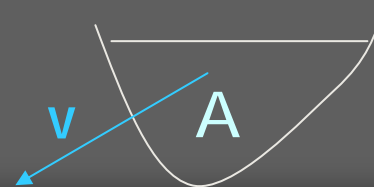
** Generalmente la mayor parte está en forma canalizada (ríos y arroyos) y se mide en estaciones de aforo construidas especialmente para ello en los cauces grandes.*

** Cauces pequeños: métodos manuales como el del micromolinete. Se mide la velocidad del agua en distintos puntos de una sección conocida y se multiplican las velocidades por el área.*

- Velocidad y sección:

requiere medir el área de la sección transversal al flujo de agua en un lugar concreto y la velocidad media de flujo en esa sección.

$$Q = A \cdot v$$



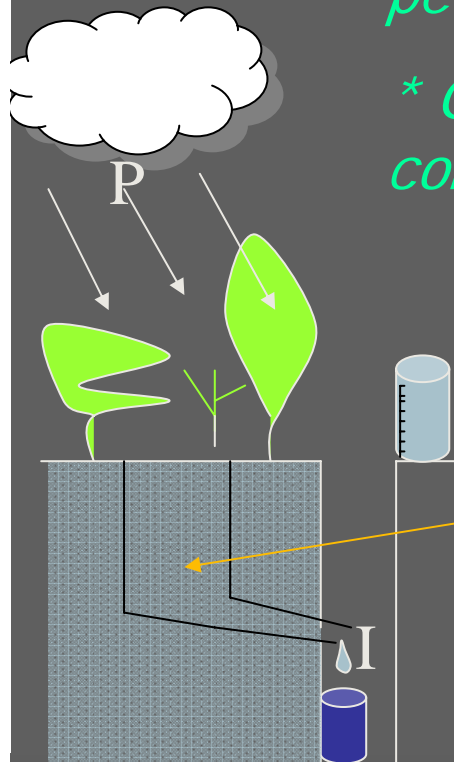
I: Infiltración en el terreno

** Se llama así al agua que se infiltra en el terreno y sobrepasa la profundidad de acción de la raíces.*

** Parte de I puede descargar de nuevo a la superficie del terreno (cauces, laderas) tras un tiempo de permanencia más o menos corto.*

** Otra parte se incorpora a la zona saturada convirtiéndose en recarga al acuífero (R).*

** I y R se pueden calcular mediante métodos experimentales (lisímetros) y numéricos.*



ETR: Evapotranspiración real

** Suma de la evaporación directa de agua desde la superficie el terreno y/o desde los poros y grietas del mismo más la transpiración de las plantas.*

** La máxima profundidad de alcance de las plantas es aproximadamente igual a la longitud de las raíces, aunque éstas pueden obtener agua más profunda por succión.*

ETP: Evapotranspiración potencial

** Cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación si en todo momento hay en el suelo agua suficiente para el crecimiento activo de las plantas.*

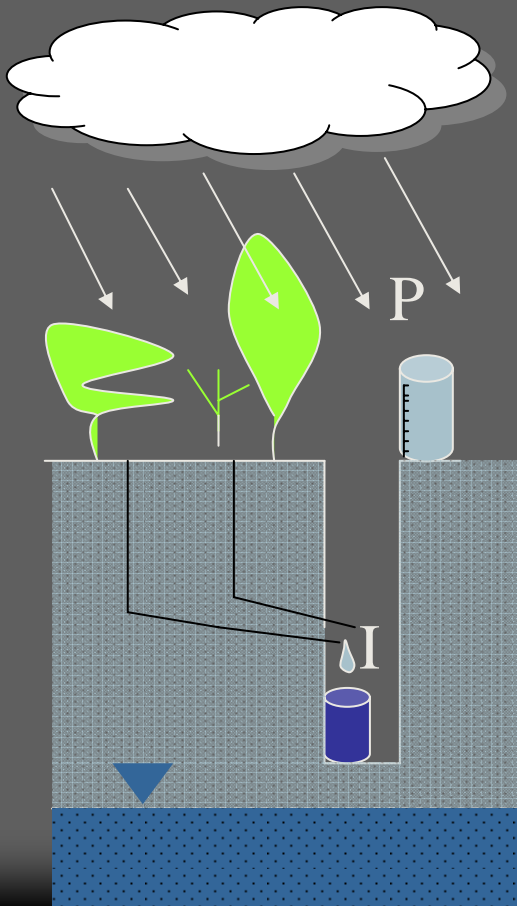
Transpiración de las plantas:

* Se mide con dificultad y menor precisión. Por ello es más frecuente medir el conjunto de ambas, la evapotranspiración (ET).

** Procedimientos más comunes de medición de la evapotranspiración*

a) Medida directa (lisímetros)

b) Métodos empíricos o semiempíricos basados en medidas directas y en fórmulas que tienen fundamento físico (Thorthwaite, Blaney y Criddle,..)



$$ET = P - I$$

Thorthwaite: muy usado en hidrología y edafología.

El método calcula el valor de ETP (y ETR) de un lugar dado para cada mes del año a partir de dos parámetros básicos:

e : Evaporación Potencial Media del mes ficticia (ETP)

I : Índice de Calor Anual

$$e = 16 (10t/I)^a$$

e : Evapotranspiración potencial media diaria del mes (mm/día) para meses ficticios de 30 días y de 12 horas de luz diaria. (Como ninguna de ambas cosas son siempre ciertas, los valores de *e* se deben corregir, del modo que se verá más adelante, para obtener ETP mensual).

t : Temperatura media diaria (°C) del mes en cuestión en la zona de estudio. Se calcula con datos medidos localmente.

a = Coeficiente experimental de ajuste (función de *I*):

$$a = (675 \cdot 10^{-9})I^3 - (771 \cdot 10^{-7})I^2 - (1972 \cdot 10^{-5})I + 0,49239$$

I = Índice de calor anual. Se calcula sumando los índices de calor mensual (i) de los 12 meses del año:

$$I = \sum_{1}^{12} i = \sum_{1}^{12} (t/5)^{1,514}$$

i = índice de calor mensual. Se encuentra tabulado en la bibliografía, para cada mes del año, en función de la temperatura media mensual de la zona.

t = temperatura media diaria del mes (°C) en la zona de estudio (se calcula a partir de las T diarias medidas en estaciones meteorológicas).

El valor de e obtenido (*evapotranspiración potencial media mensual ficticia*) se debe corregir para la latitud y el nº de horas de sol diarias reales de la zona de estudio, obteniéndose así la *ETP* mensual real de la zona:

$$ETP = F \cdot e$$

F = Índice de iluminación mensual. Varía con la latitud (nº de horas de sol) y con el mes (nº de días del mes). Se calcula según la expresión:

$$F = (N/12) \cdot (d/30) \cdot d$$

N = nº máximo de horas de sol según la latitud de lugar (tabulado y disponible en la bibliografía)

d = nº de días del mes en cuestión

¡Pero F también está tabulado! (ver más adelante)

En la práctica:

- Los valores de i están tabulados (para temperaturas medias mensuales entre 0,2 y 40,9 °C),
- Los valores de e también (en función de I y de t)
- Los valores de F también (para cada hemisferio, en función de la latitud y del mes).

Una vez calculada la ETP mensual según el método de Thorthwaite con la ayuda de las tablas se procede a calcular el balance hídrico en el suelo (ETR e I) y el valor de la recarga al acuífero (R) del modo que se verá a continuación.

Índice de iluminación mensual para el hemisferio N

THORNTHWAITE, C.W. y MATHER, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publ. Climatol.*, 10(3): 185-311.

" F "

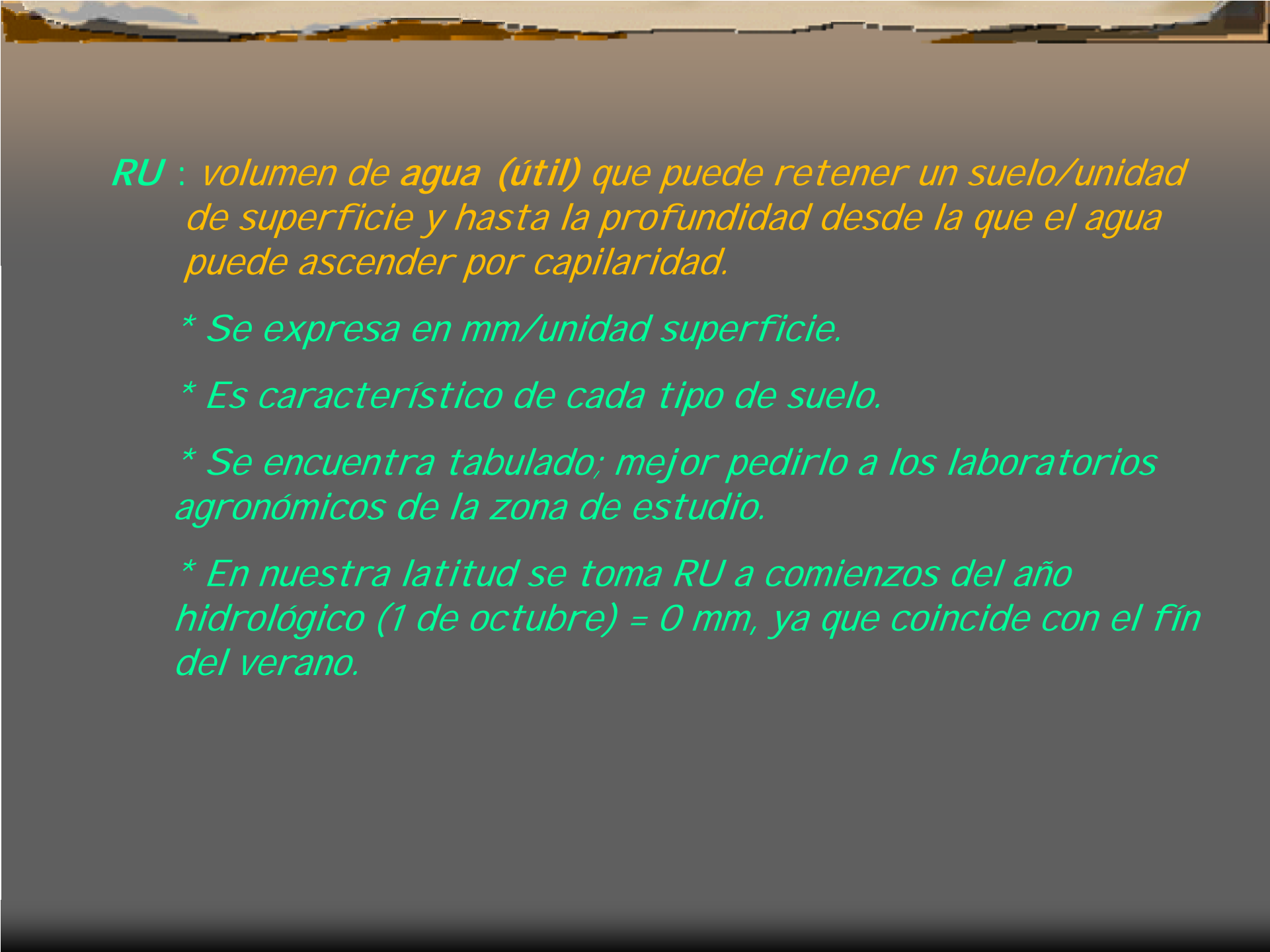
U

TABLA 3- ÍNDICE DE ILUMINACIÓN MENSUAL EN EL HEMISFERIO NORTE, EXPRESADO EN UNIDADES DE 12 HORAS.

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0°	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	30,3
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,2	28,2	31,2	30,3	31,5	30,6	31,2	31,2	30,3	31,2	30,0	30,0
3	30,9	28,2	30,9	30,3	31,5	30,6	31,5	31,2	30,3	31,2	30,0	30,9
4	30,9	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,5	31,5	30,3	30,9	30,0	30,6
5	30,6	27,9	30,9	30,6	31,8	30,9	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,6
6	30,6	27,9	30,9	30,6	31,8	31,2	31,8	31,5	30,3	30,9	29,7	30,3
7	30,3	27,6	30,9	30,6	32,1	31,2	32,1	31,8	30,3	30,9	29,7	30,3
8	30,3	27,6	30,9	30,9	32,1	31,5	32,1	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
9	30,0	27,6	30,9	30,9	32,4	31,5	32,4	31,8	30,6	30,6	29,4	30,0
10	30,0	27,3	30,9	30,9	32,4	31,8	32,4	32,1	30,6	30,6	29,4	29,7
11	29,7	27,3	30,9	30,9	32,7	31,8	32,7	32,1	30,6	30,6	29,1	29,7
12	29,7	27,3	30,9	31,2	32,7	32,1	33,0	32,1	30,6	30,3	29,1	29,4
13	29,4	27,3	30,9	31,2	33,0	32,1	33,0	32,4	30,6	30,3	28,8	29,4
14	29,4	27,3	30,9	31,2	33,0	32,4	33,3	32,4	30,6	30,3	28,8	29,1
15	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,4	33,6	32,4	30,6	30,3	28,5	29,1
16	29,1	27,3	30,9	31,2	33,3	32,7	33,6	32,7	30,6	30,3	28,5	28,8
17	28,8	27,3	30,9	31,5	33,6	32,7	33,9	32,7	30,6	30,0	28,2	28,8
18	28,8	27,0	30,9	31,5	33,6	33,0	33,9	33,0	30,6	30,0	28,2	28,5
19	28,5	27,0	30,9	31,5	33,9	33,0	34,2	33,0	30,6	30,0	27,9	28,5
20	28,5	27,0	30,9	31,5	33,9	33,3	34,2	33,3	30,6	30,0	27,9	28,2
21	28,2	27,0	30,9	31,5	33,9	33,3	34,5	33,3	30,6	30,0	27,6	28,2
22	28,2	26,7	30,9	31,8	34,2	33,6	34,5	33,3	30,6	29,7	27,6	27,9
23	27,9	26,7	30,9	31,8	34,2	33,9	34,8	33,6	30,6	29,7	27,6	27,6
24	27,9	26,7	30,9	31,8	34,5	34,2	34,8	33,6	30,6	29,7	27,3	27,6
25	27,9	26,7	30,9	31,8	34,5	34,2	35,1	33,6	30,6	29,7	27,3	27,3
26	27,6	26,4	30,9	32,1	34,8	34,5	35,1	33,6	30,6	29,7	27,3	27,3
27	27,6	26,4	30,9	32,1	34,8	34,5	35,4	33,9	30,6	29,7	27,0	27,0
28	27,3	26,4	30,9	32,1	35,1	34,8	35,4	33,9	30,9	29,4	27,0	27,0
29	27,3	26,1	30,9	32,1	35,1	34,8	35,7	33,9	30,9	29,4	26,7	26,7
30	27,0	26,1	30,9	32,4	35,4	35,1	36,0	34,2	30,9	29,4	26,7	26,4
31	27,0	26,1	30,9	32,4	35,4	35,1	36,0	34,2	30,9	29,4	26,4	26,4
32	26,7	25,8	30,9	32,4	35,7	35,4	36,3	34,5	30,9	29,4	26,4	26,1
33	26,4	25,8	30,9	32,7	35,7	35,7	36,3	34,5	30,9	29,1	26,1	25,8
34	26,4	25,8	30,9	32,7	36,0	36,0	36,6	34,8	30,9	29,1	26,1	25,3
35	26,1	25,5	30,9	32,7	36,3	36,3	36,9	34,8	30,9	29,1	25,8	25,5
36	26,1	25,5	30,9	33,0	36,3	36,6	37,2	34,8	30,9	29,1	25,8	25,2
37	25,8	25,5	30,9	33,0	36,6	36,9	37,5	35,1	30,9	29,1	25,5	24,9
38	25,5	25,2	30,9	33,0	36,9	37,2	37,5	35,1	31,2	28,8	25,2	24,9
39	25,5	25,2	30,9	33,3	36,9	37,2	37,8	35,4	31,2	28,8	25,2	24,6
40	25,2	24,9	30,9	33,3	37,2	37,5	38,1	35,4	31,2	28,8	24,9	24,3
41	24,9	24,9	30,9	33,3	37,5	37,8	38,1	35,7	31,2	28,8	24,6	24,0
42	24,6	24,6	30,9	33,6	37,8	38,1	38,4	35,7	31,2	28,5	24,6	23,7
43	24,3	24,6	30,6	33,6	37,8	38,4	38,7	36,0	31,2	28,5	24,3	23,1
44	24,3	24,3	30,6	33,6	38,1	38,7	39,0	36,0	31,2	28,5	24,0	22,8
45	24,0	24,3	30,6	33,9	38,4	38,7	39,3	36,3	31,2	28,2	23,7	22,5
46	23,7	24,0	30,6	33,9	38,7	39,0	39,6	36,6	31,2	28,2	23,7	22,2
47	23,1	24,0	30,6	34,2	39,0	39,6	39,9	36,6	31,5	27,9	23,4	21,9
48	22,8	23,7	30,6	34,2	39,3	39,9	40,2	36,9	31,5	27,9	23,1	21,6
49	22,5	23,7	30,6	34,5	39,6	40,2	40,5	37,2	31,5	27,6	22,8	21,3
50	22,2	23,4	30,6	34,5	39,9	40,8	41,1	37,5	34,8	27,6	22,8	21,9

DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN THORTHWAITE

1. Nombre, altitud, latitud y longitud de la estación meteorológica (termo-pluviométrica) de la cual se van a usar los datos de P y t .
2. Precipitación media mensual (P , en mm/mes) para cada mes del año, calculada a ser posible con una serie larga de datos históricos para minimizar sesgos debidos a ciclos húmedos y secos.
3. Temperatura media mensual (t , en $^{\circ}\text{C}$) para cada mes del año, calculada igual que P .
4. Reserva útil característica del suelo en estudio (RU ; en mm), y valor de RU al comienzo del año hidrológico (octubre) en la zona de trabajo.

A landscape photograph showing a wide, flat field under a clear sky, with a line of trees or hills in the distance. The image is slightly blurred and has a warm, golden-brown color palette.

***RU** : volumen de agua (útil) que puede retener un suelo/unidad de superficie y hasta la profundidad desde la que el agua puede ascender por capilaridad.*

** Se expresa en mm/unidad superficie.*

** Es característico de cada tipo de suelo.*

** Se encuentra tabulado; mejor pedirlo a los laboratorios agronómicos de la zona de estudio.*

** En nuestra latitud se toma RU a comienzos del año hidrológico (1 de octubre) = 0 mm, ya que coincide con el fin del verano.*

FUNDAMENTOS DEL MÉTODO

1. Si un mes $P \geq ETP$, entonces ese mes $ETR = ETP$
2. Si un mes $P < ETP$, entonces ese mes $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea $= ETP$.

Pero:

a) Si un mes no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua en el suelo (DEF).

(DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia no es hidrogeológica sino agronómica, ya que afecta al crecimiento de las plantas)

b) Si un mes la $RU = 0$, ese mes $ETR = P$

FUNDAMENTOS DEL MÉTODO

3. Si un mes $P - (ETR + \Delta RU) > 0$, la fracción de P sobrante se llama superávit (**SUP**).

SUP equivale a la infiltración I : agua que sobrepasa el alcance de las raíces. Una parte de **SUP** descargará a los ríos de forma más o menos diferida y el resto se convertirá en recarga al acuífero (**R**).

Según Thorthwaite: aproximadamente $\frac{1}{2}$ **SUP** que se produce en un mes concreto descarga a los ríos de forma más o menos rápida, y la otra mitad queda en la zona no saturada disponible para seguir descargando a los cauces o convertirse en **R** en los meses siguientes.

“Lluvia útil”: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil tanto para reponer la **RU** (incremento de RU) como para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (**SUP**). Por tanto, en cualquier mes

$$\text{Lluvia útil} = \Delta RU + \text{SUP}$$

EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO

Datos de la zona

- * Estación meteorológica 013 (Cartagena-Puerto)
- * Serie temporal usada para calcular P y T medias mensuales: periodo 1975-1998
- * RU del suelo = 10 mm; RU inicial = 0 mm

Cálculo de la ETP

- * Con los datos de P y T medios mensuales (obtenidos a partir de los 23 años de datos disponibles) se ha buscado el valor de los parámetros e y F para cada mes en las tablas correspondientes.
- * Introduciendo esos valores en la expresión se ha calculado la ETP de cada mes.

$$ETP = F \cdot e$$

Cálculo del balance de agua en el suelo de Cartagena

Datos de la zona

Estación: Cartagena Puerto		Longitud: 00-59-13-W	
Nº: 013		Latitud: 37-35-52-N	
Período: 1975-1998		Altitud: 14 m	
MES	P mm	t °C	i
OCTUBRE	33,3	19,6	7,9
NOVIEMBRE	30,7	16,0	5,8
DICIEMBRE	26,7	13,2	4,4
ENERO	38,8	11,8	3,7
FEBRERO	35,5	12,7	4,1
MARZO	28,7	14,2	4,8
ABRIL	30,0	15,8	5,7
MAYO	29,0	18,6	7,3
JUNIO	7,3	22,4	9,7
JULIO	2,9	25,2	11,6
AGOSTO	5,7	26,1	12,2
SEPTIEMBRE	25,5	23,7	10,6
TOTAL ANUAL	293,9		

Datos calculados (Thornwhaite)

CÁLCULO DE LA ETP SEGÚN EL MÉTODO DE THORTHWAITE		
e	F	ETP mm
2,5	28,9	72,3
1,7	25,3	43,1
1,2	24,9	29,9
1,0	25,6	24,4
1,1	25,3	27,9
1,3	30,9	40,2
1,7	33,0	56,1
2,3	36,8	84,6
3,3	37,1	122,3
4,1	37,5	153,8
4,4	35,1	154,4
3,7	31,1	115,0
		923,8

Información a usar para el cálculo de ETR y R

Cálculo del balance de agua en el suelo de Cartagena

Datos zona

ETP calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0						
NOVIEMBRE	30,7	43,1	▲						
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTON Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0		33,3				
NOVIEMBRE	30,7	43,1	▲						
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0		33,3	39,0			
NOVIEMBRE	30,7	43,1	▲						
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
ETP según Thornthwaite			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0		33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	▲						
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲						
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
ETP según Thornthwaite			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲		30,7				
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0	▲	30,7	12,4			
DICIEMBRE	26,7	29,9		▲					
ENERO	38,8	24,4		▲					
FEBRERO	35,5	27,9		▲					
MARZO	28,7	40,2		▲					
ABRIL	30,0	56,1		▲					
MAYO	29,0	84,6		▲					
JUNIO	7,3	122,3		▲					
JULIO	2,9	153,8		▲					
AGOSTO	5,7	154,4		▲					
SEPTIEMBRE	25,5	115,0		▲					
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲		30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲						
ENERO	38,8	24,4	▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
ETP según Thornthwaite			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲						
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲		24,4				
FEBRERO	35,5	27,9	▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4				
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4		
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
ETP según Thornthwaite			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲						
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲		27,9				
MARZO	28,7	40,2	▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9				
MARZO	28,7	40,2	10 ▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
ETP según Thornthwaite			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6		
MARZO	28,7	40,2	10 ▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲						
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲		38,7				
ABRIL	30,0	56,1	▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲	-10	38,7				
ABRIL	30,0	56,1	0 ▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998			CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
ETP según Thornthwaite			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲	-10	38,7	1,5			
ABRIL	30,0	56,1	0 ▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲	-10	38,7	1,5	0	0	0
ABRIL	30,0	56,1	0 ▲						
MAYO	29,0	84,6	▲						
JUNIO	7,3	122,3	▲						
JULIO	2,9	153,8	▲						
AGOSTO	5,7	154,4	▲						
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	▲						
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	Δ RU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- Δ RU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (Δ RU+SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲	-10	38,7	1,5	0	0	0
ABRIL	30,0	56,1	0 ▲	0	30,0	26,1	0	0	0
MAYO	29,0	84,6	0 ▲	0	29,0	55,6	0	0	0
JUNIO	7,3	122,3	0 ▲	0	7,3	115,1	0	0	0
JULIO	2,9	153,8	0 ▲	0	2,9	150,8	0	0	0
AGOSTO	5,7	154,4	0 ▲	0	5,7	148,8	0	0	0
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	0 ▲	0	25,5	89,5	0	0	0
TOTAL ANUAL	293,9	923,8							

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P +$ parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Cálculo del balance de agua

Datos zona

ETP
calculada

Estación: Cartagena Puerto Nº: 013 Período: 1975-1998		ETP según Thornthwaite	CÁLCULO DE LOS COMPONENTES I BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO						
			SEGÚN EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE						
			Reserva útil : 10 mm						
MES	P mm	ETP mm	RU mm	ΔRU mm	ETR mm	DEF mm (ETP-ETR)	SUP mm (P-ETR- ΔRU)	R mm (*) (SUP/2)	Lluvia útil mm (ΔRU +SUP)
OCTUBRE	33,3	72,3	0	0	33,3	39,0	0	0	0
NOVIEMBRE	30,7	43,1	0 ▲	0	30,7	12,4	0	0	0
DICIEMBRE	26,7	29,9	0 ▲	0	26,7	3,2	0	0	0
ENERO	38,8	24,4	0 ▲	10	24,4	-	4,4	2,2	14,4
FEBRERO	35,5	27,9	10 ▲	0	27,9	-	7,6	3,8	7,6
MARZO	28,7	40,2	10 ▲	-10	38,7	1,5	0	0	0
ABRIL	30,0	56,1	0 ▲	0	30,0	26,1	0	0	0
MAYO	29,0	84,6	0 ▲	0	29,0	55,6	0	0	0
JUNIO	7,3	122,3	0 ▲	0	7,3	115,1	0	0	0
JULIO	2,9	153,8	0 ▲	0	2,9	150,8	0	0	0
AGOSTO	5,7	154,4	0 ▲	0	5,7	148,8	0	0	0
SEPTIEMBRE	25,5	115,0	0 ▲	0	25,5	89,5	0	0	0
TOTAL ANUAL	293,9	923,8			281,9		12,0	6,0	22,0

(*) Cuando $R < 1$ se considera = 0

Si $P \geq ETP$, entonces $ETR = ETP$.

Si $P < ETP$, entonces $ETR = P$ + parte de RU , hasta que la suma de ambos sea = ETP . Pero:

- Si no hay suficiente RU para alcanzar el valor de la ETP , entonces $ETR < ETP$ y la diferencia se llama déficit de agua (DEF). DEF no se acumula para el mes siguiente; su relevancia es agronómica ya que afecta al crecimiento de las plantas.
- Si la $RU = 0$, entonces $ETR = P$.

SUP equivale a la infiltración I ; es el agua que sobrepasa el alcance de las raíces.

La mitad de SUP descargará a los ríos de forma más o menos diferida y otra parte se convertirá en recarga al acuífero (R)

Lluvia útil: fracción de la lluvia caída en un mes concreto que es útil para reponer la RU (ΔRU) y para alimentar a cauces superficiales y a acuíferos (SUP).

Gráficas muy
útiles para
reflejar los
resultados

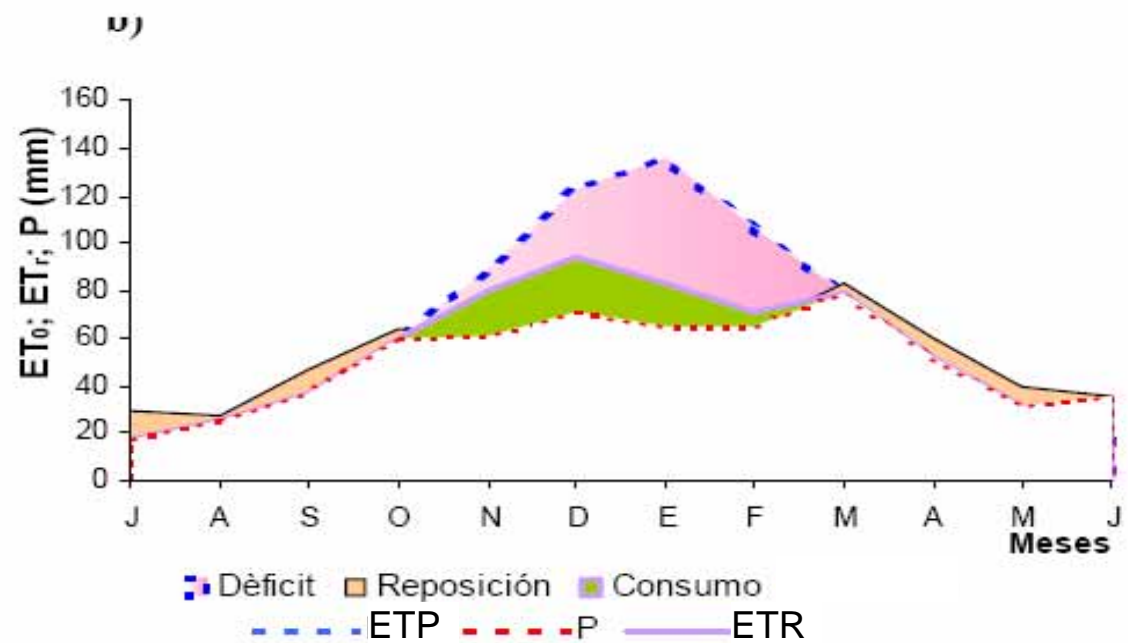
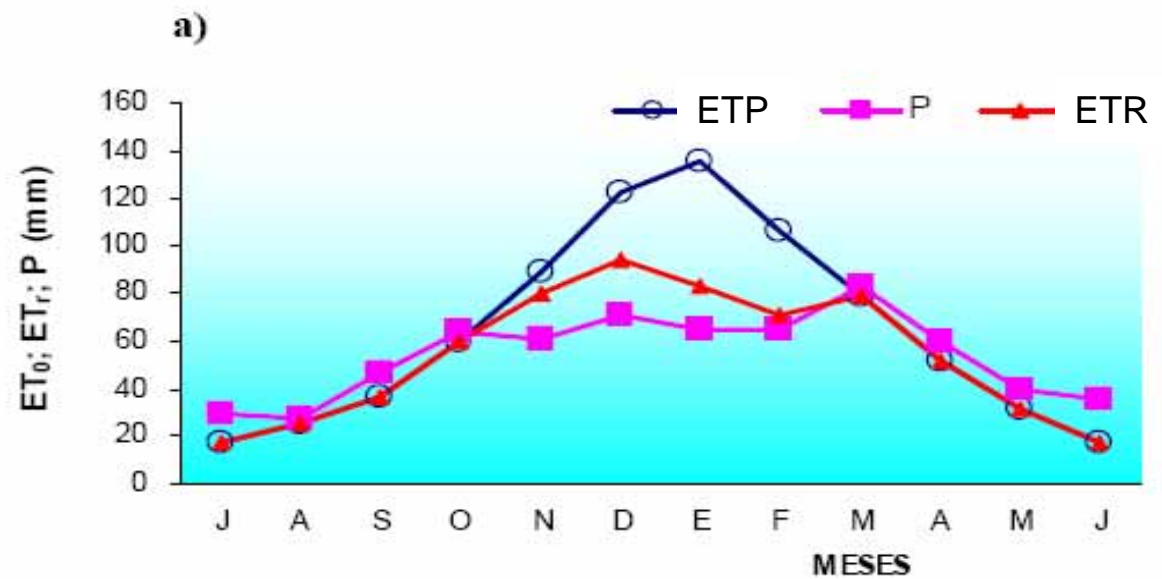


Tabla 3

"e"

TABLA 2.1 - VALORES DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DIARIA SIN CORREGIR (mm) PARA LAS DIFERENTES TEMPERATURAS (T°C) Y VALORES DE I.

T°C	1 VALORES DE "I"											
	55,0	57,5	60,0	62,5	65,0	67,5	70,0	72,5	75,0	77,5	80,0	82,5
0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,00	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,25	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,50	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,75	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,25	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
2,50	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2,75	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3,00	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3,25	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3,50	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3,75	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4,00	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
4,25	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
4,50	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
4,75	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
5,00	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
5,25	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
5,50	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
5,75	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
6,00	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
6,25	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
6,50	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
6,75	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
7,00	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
7,25	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
7,50	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
7,75	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
8,00	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
8,25	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
8,50	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
8,75	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
9,00	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
9,25	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
9,50	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
9,75	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
10,00	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
10,25	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
10,50	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
10,75	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
11,00	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
11,25	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
11,50	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
11,75	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
12,00	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
12,25	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
12,50	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
12,75	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
13,00	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,2

"e"

TABLA 2.2 - VALORES DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DIARIA SIN CORREGIR (mm) PARA LAS DIFERENTES TEMPERATURAS (T°C) Y VALORES DE I.

T°C	2 VALORES DE "I"											
	55,0	57,5	60,0	62,5	65,0	67,5	70,0	72,5	75,0	77,5	80,0	82,5
13,25	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
13,50	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3
13,75	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
14,00	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4
14,25	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5
14,50	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5
14,75	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
15,00	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6
15,25	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
15,50	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7
15,75	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8
16,00	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8
16,25	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
16,50	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
16,75	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
17,00	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
17,25	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1
17,50	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1
17,75	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2
18,00	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
18,25	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
18,50	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
18,75	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
19,00	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5
19,25	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
19,50	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
19,75	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
20,00	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
20,25	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
20,50	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9
20,75	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
21,00	3,3	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0
21,25	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
21,50	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1
21,75	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
22,00	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
22,25	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
22,50	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
22,75	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
23,00	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
23,25	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
23,50	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
23,75	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
24,00	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8
24,25	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
24,50	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9
24,75	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
25,00	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
25,25	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
25,50	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
25,75	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
26,00	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
26,25	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4						